



ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

4

1970

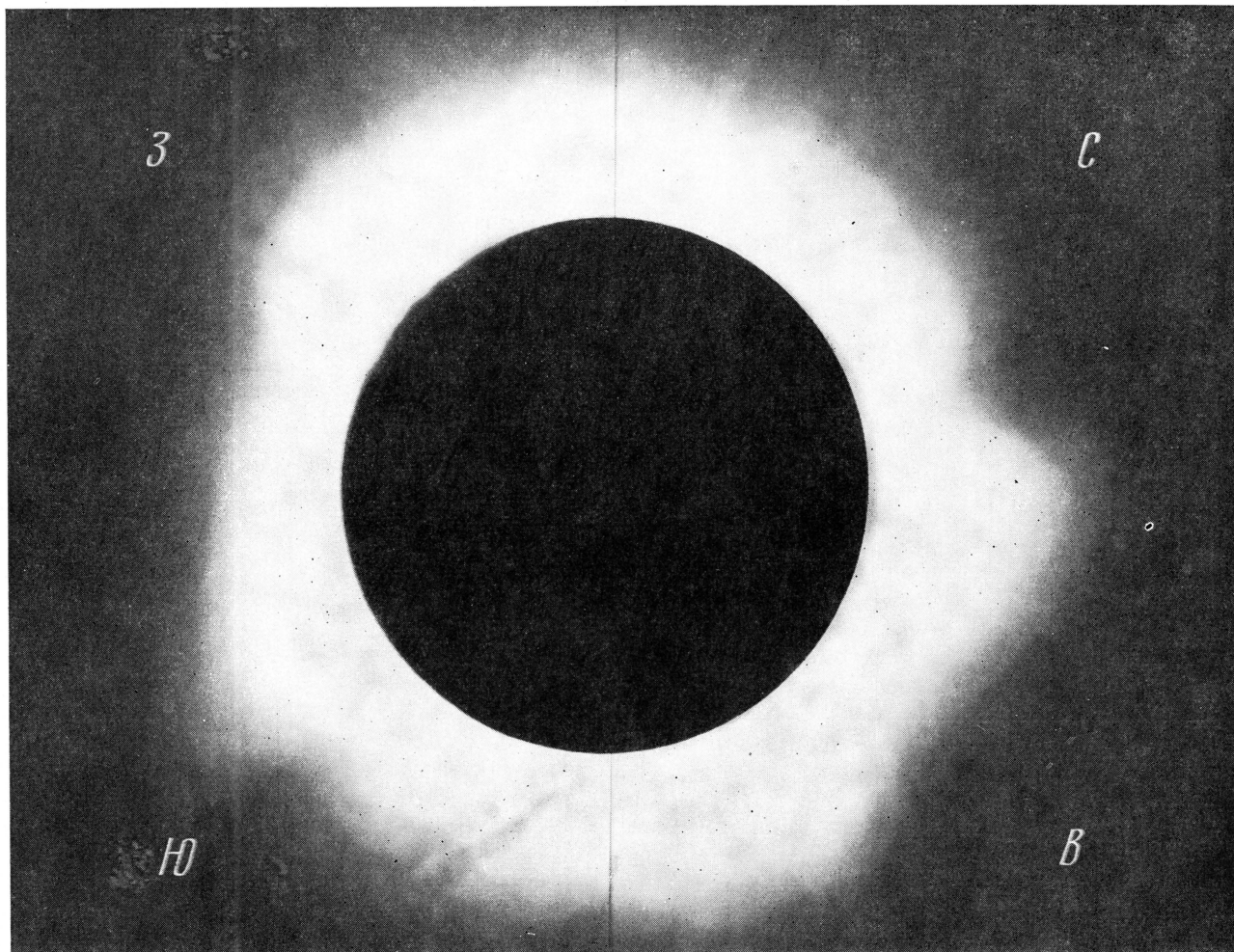
АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА



Солнечная корона 7 марта 1970 года



Это один из двенадцати крупномасштабных снимков короны, полученных в Мексике во время полного солнечного затмения. Кандидат физико-математических наук Н. И. Дзюбенко (Киевский государственный университет) фотографировал корону на 10-метровом горизонтальном коронографе. Такие снимки помогут изучить строение атмосферы Солнца до высоты 1,5—2 млн. км от края солнечного диска.

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



ИЮЛЬ — АВГУСТ

4 1970

Издательство «Наука»
Москва

В номере

И. С. Шкловский — Пульсары как астрономические объекты	4
С. Б. Достовалов — «Ужасные дети»	6
Х. Рёдерер — Частицы и поля в космической окрестности Земли	12
И. М. Подгорный — Искусственный солнечный ветер	16
М. И. Будыко — Современные проблемы климатологии	22
М. С. Фролов — Что такое звезды типа δ Щита?	27
В. Ф. Канаев, Н. Л. Зенкевич — Фотоглаз в глубинах океана	29
К. И. Чурюмов — Новая комета семейства Юпитера	36
Д. Ю. Гольдовский — Планы США по исследованию планет с помощью космических аппаратов	41
И. Ф. Болгов — Сооружения движутся	46
С. И. Селешников — Календарь и хронология мая	50

ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ

Г. А. Чеботарев — Институт теоретической астрономии	56
ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ	
Б. А. Воронцов-Вельяминов — Квазары — протоскопления галактик?	60
Б. К. Федюшин — Релятивистской ракетой — к звездам	64

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

И. Н. Галкин, В. З. Рябой — Смотрящие в глубь Земли	67
В. П. Цесевич — Одесский пленум Центрального совета ВАГО	71

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

В. С. Лазаревский — Карта видимых путей планет в сентябре — октябре 1970 года	72
---	----

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ	74
-------------------	----

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

Е. В. Миловидов — 150-летие открытия Антарктиды	74
---	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

В. А. Бронштэн — Безграмотная брошюра о Луне	77
--	----

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Награда ученому [20]; Наблюдение кометы Бэннета [20]; Первое наблюдение эффекта Эйнштейна [40]; Полет «Аполлона-13» [45]; Загадка стеклянных шариков [45]; Древнейший памятник геодезических работ в России [49]; Астрономия в средней школе разных стран [54]; Первая яркая комета 1970 года [55]; Азотная кислота в атмосфере Земли [59]; Были ли «троянцы» спутниками Юпитера? [63]; Поиски кварков продолжаются [66]; Х. Шепли о природе Тунгусского метеорита [79]; КОСПАР-70[80].

На о б л о ж к е: 1-я стр. — Комета Таго — Сато — Косака. Фотография получена 8 февраля 1970 г. сотрудником Крымской астрофизической обсерватории Н. С. Черных на двойном 40-сантиметровом астрографе (к заметке «Первая яркая комета 1970 года»).



Настолько громаден был масштаб мысли и деяний Ленина, настолько глубоко сумел он понять и выразить назревшие потребности своей эпохи, что и ныне ленинские идеи представляют собой могучее оружие в руках борцов за счастье народов. Нет такого уголка на земном шаре, где имя Ленина не звучало бы как пламенный призыв к борьбе с гнетом, несправием, эксплуатацией, как символ боевого единства, как залог победы в исторической битве за торжество коммунистических идеалов.

Скромность и простота, подлинная человечность, уважение и доверие к людям, личное участие в их судьбах соединялись в Ленине с твердой принципиальностью, с требовательностью к себе и к другим; мудрость и дальновидность — с неутомимой деловитостью, непреклонной волей; эрудиция и острота ума великого ученого — с искренней любовью к жизни, к ее подлинным ценностям и радостям.

Таким был Владимир Ильич Ленин — мыслитель, революционер, человек. Его учение всегда будет призывом и руководством к действию, его жизненный подвиг — вдохновляющим примером для коммунистов, для миллионов людей.

...Но каковы бы ни были высоты, на которые поднимется человечество, оно всегда будет помнить, что у истоков коммунистической цивилизации стоит исполинская фигура Ленина — мыслителя и революционера. Нет ничего более святого для коммуниста, для ленинца, чем отдать всю свою энергию, весь ум и волю для того, чтобы приблизить будущее, за которое боролся Ленин.

(Из доклада «Дело Ленина живет и побеждает», с которым выступил 21 апреля 1970 г. Генеральный секретарь ЦК КПСС товарищ Л. И. Брежнев на совместном торжественном заседании Центрального Комитета КПСС, Верховного Совета СССР и Верховного Совета РСФСР.)

Полет советского космического корабля «Союз-9»

(Восемнадцать суток на околоземной орбите)



Андрей Григорьевич Николаев



Виталий Иванович Севастьянов

В историю создания и эксплуатации на околоземных орбитах длительно действующих пилотируемых станций вписана новая важная страница — 424 часа провели в космосе отважные советские люди: летчик-космонавт Андрей Григорьевич Николаев (командир корабля «Союз-9») и кандидат технических наук Виталий Иванович Севастьянов (бортинженер корабля «Союз-9»).

Корабль «Союз-9» стартовал 1 июня 1970 г. и точно приземлился 19 июня 1970 г. в заданном районе территории Советского Союза, в 75 км западнее Караганды. Корабль был выведен на орбиту высотой 207 км (в перигее) и 221 км (в апогее), наклонение орбиты $51^{\circ},7$.

Основные задачи полета:

- медико-биологические исследования по изучению влияния факторов космического полета на организм человека в условиях пребывания на околоземной орбите;

- научное наблюдение и фотографирование геолого-географических объектов, материковой и водной поверхности в различных районах земного шара с целью отработки ме-

тодики использования получаемых данных в народном хозяйстве;

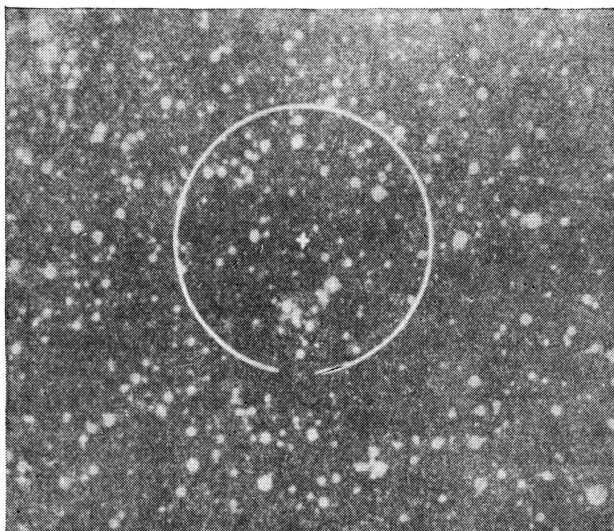
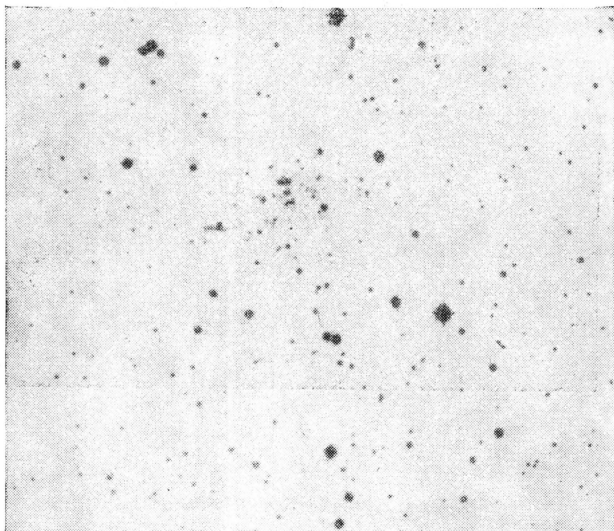
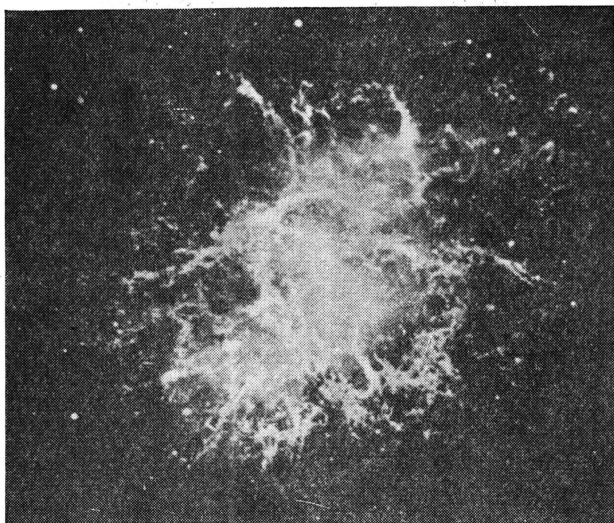
- наблюдение, исследование и фотографирование атмосферных образований, снежного и ледового покровов Земли с целью использования данных наблюдений в оперативном и долгосрочном метеорологическом прогнозировании;

- научные исследования физических характеристик, явлений и процессов в околоземном космическом пространстве;

- дальнейшая отработка ручной и автоматической систем управления, ориентации и стабилизации корабля и проверка автономных средств навигации в различных режимах полета.

Экипаж корабля полностью выполнил намеченную программу научно-технических и медико-биологических исследований. Космонавты хорошо перенесли длительный космический полет.

Рекордный по своей продолжительности космический полет приближает время создания постоянных орбитальных станций.



И. С. ШЕЛОВСКИЙ

член-корреспондент АН СССР

Пульсары как астрономические объекты

Пульсары — это быстро вращающиеся нейтронные звезды, размеры которых около 10 км, а масса порядка солнечной. Они образуются при взрывах Сверхновых звезд и, по-видимому, приобретают очень большие скорости, которые позволяют некоторым пульсарам покидать Галактику.

Прошло три года со времени открытия пульсаров, — пожалуй, одного из наиболее выдающихся событий астрономии нашего столетия. Уже опубликовано несколько сотен работ, посвященных этой увлекательной проблеме. Подавляющее большинство исследований выполнено радиоастрономами. В оптическом диапазоне частот только один пульсар наблюдается как периодический импульсный источник. Это — NP 0531, находящийся в центре Крабовидной туманности и, несомненно, генетически с ней связанный. Пульсар NP 0531 излучает с тем же периодом (0,033 секунды) и в рентгеновской области спектра. Без преувеличения можно сказать, что пульсар в Крабовидной туманности — наиболее интересный и наиболее исследованный из всех пульсаров.

Остатки вспышек Сверхновых звезд: Крабовидная туманность, радиотуманность Кассиопея А и туманность, наблюдаемая на месте вспышки Сверхновой 1572 года. Только в одной из них — Крабовидной туманности — обнаружен пульсар, но, возможно, и в двух других есть «скрытые» пульсары

Довольно много работ посвящено обсуждению различных гипотез, объясняющих импульсное радиоизлучение пульсаров. Хотя вопрос о механизме излучения пока еще далек от ясности, вся совокупность наблюдательных данных говорит за то, что пульсары — очень маленькие (радиус около 10 км), весьма быстро вращающиеся объекты. Наблюдаемый период пульсара (т. е. время между двумя последующими импульсами) есть не что иное, как период вращения малого, весьма «компактного» тела, с которым пульсар отождествляется. На поверхности такого тела находится одно или несколько «горячих» пятен, излучающих в сравнительно узком конусе огромное количество энергии.

У большинства пульсаров (а их в настоящее время известно 50) период около секунды. Следовательно, их линейные экваториальные скорости вращения около 100 км/сек. Пульсар NP 0531 имеет самый короткий период, и экваториальная скорость его вращения должна быть близка к 2000 км/сек. Следовательно, среди всех известных астрономических объектов пульсары обладают самыми короткими периодами и самыми большими экваториальными скоростями вращения.

Сейчас накопилось достаточно данных, которые позволяют утверждать, что пульсары — это «звездные» остатки вспышек Сверхновых. Мы подчеркиваем слово «звездные», так как уже давно известны и хорошо изучены особые туманности, являющиеся, если можно так выразиться, «небулярными» остатками вспышек Сверхновых. Все эти туманности — источники нетеплового радиоизлучения, обусловленного движением релятивистских электронов в магнитных полях. Наиболее известным и интересным представителем таких «радиотуманностей» является знаменитая Крабовидная туманность, у которой кроме радиоизлучения обнаружено нетепловое оптическое и рентгеновское излучение, также обусловленное релятивистскими электронами.

При взрыве звезды, наблюдаемом как вспышка Сверхновой, часть ее вещества выбрасывается наружу с огромной скоростью, достигающей нескольких тысяч километров в секунду, между тем как внутренние слои звезды, в которых сосредоточена большая часть ее массы, катастрофически сжимаются. В процессе такого сжатия образуется весьма горячий объект с очень малыми размерами (примерно 10 км) и огромной средней плотностью (до 10^{15} г/см³), близкой к плотности атомного ядра.

Уже более 30 лет назад теоретики предсказали возможность образования таким путем сверхплотных объектов, получивших название

нейтронных звезд. Физические свойства нейтронных звезд были предметом нескольких интересных чисто теоретических исследований. Однако все попытки обнаружить нейтронные звезды и проверить правильность теоретических предсказаний до последнего времени терпели неудачу. Это и неудивительно. Объект с такими малыми размерами даже при очень высокой температуре поверхности имеет мощность оптического излучения настолько ничтожную, что его практически невозможно обнаружить при помощи самых больших телескопов, даже если расстояние до объекта такое же, как до ближайших звезд, — несколько парсек.

Лет пять назад, сразу после открытия космических источников рентгеновского излучения, было высказано предположение, что эти источники и есть нейтронные звезды. В самом деле, при температуре поверхности, равной примерно 10^8 °K, даже объект с размерами 10 км будет мощным, вполне обнаружимым источником рентгеновского излучения. Однако расчеты показывают, что образовавшиеся после вспышек Сверхновых очень горячие нейтронные звезды за весьма короткое время остынут. Поэтому таких горячих нейтронных звезд в Галактике нет.

Открытие пульсаров и отождествление их с нейтронными звездами было совершенно неожиданным для астрономов. Тот факт, что нейтронные звезды могут длительное время (например, десятки миллионов лет) излучать радиоволны, ни из каких теоретических соображений не следовал. Природа и в этом случае оказалась неизмеримо богаче теоретических схем.

В этой статье мы не будем обсуждать пока еще далекий от ясности вопрос о механизме радиоизлучения пульсаров. Нас будет интересовать чисто астрономический аспект проблемы.

Прежде всего, почему пульсары так быстро вращаются? Ответить на этот вопрос легко. Чтобы в процессе катастрофического сжатия звезды, приводящего к образованию нейтронной конфигурации, сохранился вращательный момент, скорость вращения должна расти приблизительно обратно пропорционально размерам звезды, а период — обратно пропорционально квадрату размеров. При этом предполагается, что масса сжимающейся звезды постоянна. В действительности часть вращательного момента (может быть, даже значительная) будет унесена выброшенной оболочкой. Но так или иначе, только что образовавшийся пульсар должен иметь период вращения порядка нескольких тысячных секунды, а его экваториальная скорость вращения должна

быть равна многим десяткам тысяч километров в секунду.

Как уже упоминалось, самый короткий период вращения зарегистрирован у самого молодого из известных пульсаров NP 0531, который образовался одновременно с Крабовидной туманностью. Но его «молодость» относительна — ему все же 916 лет. Наблюдения показывают, что период этого пульсара непрерывно растет. Около тысячи лет назад его период был существенно короче. Кстати, и у многих других пульсаров обнаружено вековое увеличение периода, правда, не столь быстрое, как у NP 0531, что объясняется их значительно большим возрастом. Можно сделать вывод, что первоначальное, очень быстрое вращение нейтронных звезд по каким-то причинам замедляется. Этот процесс вначале идет очень быстро. По-видимому, уже через несколько дней после образования пульсара его угловая скорость вращения значительно уменьшится. В дальнейшем скорость торможения непрерывно убывает. К моменту, когда возраст нейтронной звезды станет около 1000 лет, период пульсара уменьшится в десятки раз, а когда

возраст будет примерно 10^7 лет, — в несколько тысяч раз.

Следует обратить внимание на тот факт, что кинетическая энергия вращения «только что» образовавшегося пульсара очень велика, приблизительно 10^{51} эрг. Она примерно равна запасу ядерной энергии такой звезды, как Солнце. И если за одну неделю произойдет существенное торможение пульсара, то это значит, что должно освободиться гигантское количество энергии, превосходящее даже полную энергию, выделяемую при вспышке Сверхновой. Очень возможно, что источником энергии Сверхновых звезд является торможение первоначально очень быстрого вращения возникшей при взрыве нейтронной звезды. «Приводным ремнем», перекачивающим вращательную энергию нейтронной звезды в энергию Сверхновой, может быть сильное магнитное поле.

Из разных соображений следует, что напряженность магнитного поля на поверхности нейтронной звезды должна быть чудовищно велика, порядка 10^{11} — 10^{12} гс. Это можно понять, если учесть, что в процессе катастрофического

С. Б. ДОСТОВАЛОВ

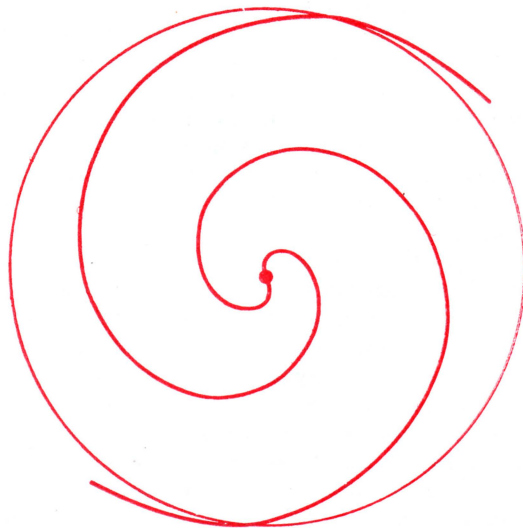
«Ужасные дети»

Пульсары — детище астрономии и теоретической физики — вполне заслуживают названия *enfants terribles* (ужасные дети). Интерес к пульсарам огромен, и это вызывает большое количество теоретических работ. Однако мы не знаем точных физических условий вблизи пульсаров. Мы страдаем от излишней свободы выбора, а не от недостатка идей. В построении теоретических моделей нам приходится руководствоваться больше здравым смыслом, чем необходимостью.

В чем заключаются основные трудности?

Радиоимпульсы пульсаров имеют тонкую структуру. Иногда наблюдаются повторяющиеся детали длительностью около 10 микросекунд, т. е. размер области, в которой происходит генерация импульса, исчисляется километрами. Сопоставляя площадь излучающей области и светимость пульсара, можно увидеть, что яркость пульсара должна быть чрезмерно высокой. В радиодиапазоне такую яркость способен создать только мазерный механизм, когда одновременно и синфазно излучает большое количество частиц.

Мазерный механизм излучения действует лишь в сравнительно разреженных областях, где частота столкновений частиц мала. Такие области находятся на значительном расстоянии от поверхности нейтронной звезды, и поэтому магнитное поле там должно быть относительно слабым (около 100 э). С другой стороны, для излучения в оптической и рентгеновской областях спектра необходимо сильно магнитное поле (около 10^8 э) и, сле-



Пульсары — нейтронные звезды — вращаются вокруг собственной оси, как гигантская юла, накручивая силовые линии магнитного поля

сжатия магнитный поток звезды должен оставаться приблизительно постоянным. Следовательно, когда размеры звезды уменьшаются, например, в 10^5 раз, а ее поверхность — в 10^{10} раз, то для того чтобы магнитный поток оставался постоянным, напряженность поля должна увеличиться в 10^{10} раз. Таким образом, если до взрыва звезды магнитное поле на ее поверхности было, например, 100 гс, то на поверхности нейтронной звезды оно уже будет составлять 10^{12} гс. Это — чудовищно большая величина. Ни в каких земных лабораториях ничего похожего осуществить нельзя.

Чтобы получить какое-то представление о величине магнитного поля около нейтронной звезды, обратим внимание на то, что плотность магнитной энергии там будет

$$W_M = \frac{H^2}{8\pi} = 4 \cdot 10^{22} \text{ эрг/см}^3.$$

Согласно общей теории относительности, этой плотности энергии соответствует плотность материи

$$W_M/c^2 = 40 \text{ г/см}^3,$$

что больше плотности иридия, платины и вооб-

ще любого известного нам металла! Между тем плотность газа в атмосфере нейтронной звезды из-за огромной величины напряжения силы тяжести должна быть весьма незначительной. Мы здесь встречаемся с уникальным во Вселенной случаем, когда массовый эквивалент плотности энергии превосходит плотность вещества, притом на много порядков. В центральных областях звезд, где плотность лучистой энергии исключительно велика, все же плотность вещества, по крайней мере, в миллиарды раз больше, чем массовый эквивалент плотности лучистой энергии.

Благодаря столь большому значению магнитного поля, быстро вращающаяся нейтронная звезда излучает огромное количество сверхдлинноволновой электромагнитной энергии, которая, поглощаясь окружающей плазмой, может преобразовываться в другие виды энергии. Вращение нейтронной звезды может тормозиться еще излучением гравитационных волн. Правда, это происходит лишь в том случае, если форма нейтронной звезды отличается от эллипсоида вращения. Излучение гравитационных волн должно быть особенно существенным на самых ранних этапах развития ней-

довательно, излучение должно рождаться вблизи поверхности нейтронной звезды.

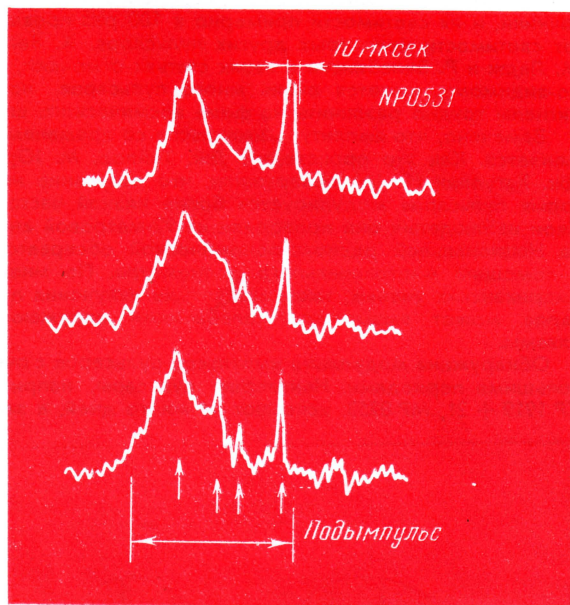
Противоречивость необходимых физических условий усугубляется еще и тем, что излучение во всех областях спектра происходит, по-видимому, одновременно. Во всяком случае, знаменитый пульсар NP 0531 в Крабовидной туманности излучает оптические и рентгеновские импульсы одновременно с точностью менее 1 миллисекунды.

Теоретики уже разработали несколько моделей пульсаров. И во всех этих моделях, для того чтобы генерировалось электромагнитное излучение, с ограниченного участка поверхности пульсара должен выбрасываться мощный поток релятивистских частиц. По оценкам члена-корреспондента АН СССР И. С. Шкловского, этот поток равен $10^{14} \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$! Энергия частиц также должна быть велика. Ведь покинуть нейтронную звезду может лишь частица с энергией около $5 \cdot 10^7$ эв! Вместе с тем, некоторые пульсары испускают гамма-излучение с энергией фотонов около 10^{14} эв! Как получить столь энергичные частицы? — неясно.

Теория сталкивается с большими трудностями. Сейчас основные успехи в исследовании пульсаров по праву принадлежат наблюдателям.

Все время появляются сообщения о новых пульсарах. Их насчитывается уже 50. Особенно много пульсаров открыли астрономы из Кембриджа и сотрудники обсерватории Молонго Сиднейского университета. Трех австралийцам — А. Вогнану, М. Ладжу и Р. Вилебински — посчастливилось открыть 22 пульсара.

Все пульсары сильно концентрируются к галактическому экватору, и их галактические широты, за исключением трех, меньше 40° . Среди недавно открытых пульсаров два (MP 1154-62 и MP 1240-64) находятся значи-



В радиодиапазоне подымпульс пульсара NP 0531 имеет тонкую структуру: он состоит из повторяющихся в течение нескольких периодов более коротких импульсов (показаны стрелками). Иногда наблюдаются повторяющиеся короткие импульсы длительностью всего 10 микросекунд

тронной звезды. Пока еще ни от одного космического объекта гравитационное излучение с достоверностью не обнаружено. Увеличение чувствительности индикаторов этого излучения позволит обнаружить гравитационное излучение от Сверхновых вскоре после их вспышки, даже если они удалены от нас на расстояния в сотни мегапарсек.

Тормозиться нейтронные звезды могут и в результате выброса сравнительно плотных облаков плазмы. Этот интересный вопрос еще не исследован, хотя мы имеем серьезные доказательства тому, что из NP 0531 выбрасывается огромное количество релятивистских частиц. Зная скорость торможения этого пульсара, можно определить мощность теряемой им вращательной энергии. И самое удивительное, что она равна мощности излучения Крабовидной туманности на всех длинах волн. С другой стороны, уже давно известно, что в эту туманность должны непрерывно «накачиваться» релятивистские электроны, суммарная энергия которых должна компенсировать потери энергии туманности на излучение. Сейчас ясно, что такую «накачку» производит находящийся в

центре Крабовидной туманности пульсар NP 0531. Если бы не он, «предоставленная самой себе» Крабовидная туманность, практически, перестала бы излучать через несколько десятков лет после вспышки Сверхновой. Таким образом, пульсар NP 0531 дает ключ к пониманию казавшихся загадочными физических процессов, происходящих едва ли не в самом интересном объекте неба — Крабовидной туманности.

Еще один пульсар PSR 0833-45 отождествлен с остатком вспышки Сверхновой. Он ассоциируется с радиотуманностью Vela X. Период PSR 0833-45 почти в 3 раза длиннее, чем NP 0531, и все же он очень короток — значительно короче, чем у других пульсаров. По скорости увеличения его периода (кстати, довольно большой) можно оценить возраст этого объекта. Он близок к 10 000 лет. Следовательно, этот пульсар также можно считать очень молодым, ведь многие пульсары имеют возраст 10^6 — 10^7 лет. В этой связи важно подчеркнуть, что радиотуманности, расширяясь с довольно большой скоростью, быстро рассеиваются в межзвездном пространстве. Спустя

только дальше остальных. Это чрезвычайно мощные источники, и их светимости примерно в 100 раз превышают светимости некоторых других пульсаров. А. Вогнан, М. Ладж и Р. Вилебински в своих статьях отмечают, что, по-видимому, имеется очень много пульсаров, но их сигналы трудно различить на фоне космического шума.

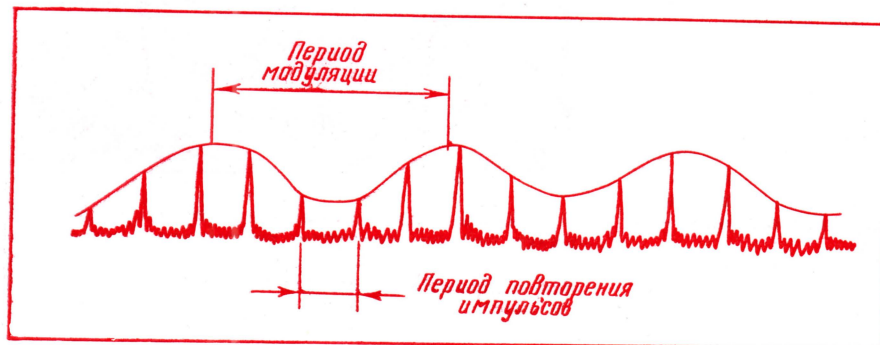
Замечено, что амплитуда импульсов со временем изменяется. Как это происходит? Дж. Тейлор, М. Юра и Дж. Хагуенин (США) обнаружили, что излучение некоторых пульсаров модулируется более низкой частотой. Свои наблюдения они проводили на 92-метровой антенне Национальной радиоастрономической обсерватории с помощью многоканального радиометра. По мнению американских ученых, такая модуляция излучения пульсаров может вызываться колебаниями окружающей плазмы.

Обнаружена модуляция импульсов пульсаров с очень большими периодами. Некоторые пульсары, например CP 1919 + 21, MP 0253, исчезают на много дней, а затем

вновь появляются. Этот факт пока не нашел объяснения.

У всех известных пульсаров период повторения импульсов медленно растет. Поэтому естественно предположить, что большему периоду соответствует больший возраст пульсара. Тогда самым молодым должен быть пульсар NP 0531 в Крабовидной туманности, который имеет самый короткий период — всего 33 миллисекунды. Возраст его точно известен: запись о рождении Крабовидной туманности есть в китайских хрониках. Туманность возникла в результате взрыва Сверхновой 20 мая 1054 г.

У остальных пульсаров периоды значительно больше и их возраст оценивается в миллионы лет. То, что они не ассоциируются с остатками Сверхновых (кроме пульсара PSR 0833-45), можно понять: расширяющиеся оболочки Сверхновых рассеиваются за несколько десятков тысяч лет. Наблюдаемое количество пульсаров примерно соответствует количеству вспыхнувших Сверхновых в Галактике, если учесть, что из-за направленности излуче-



Излучение некоторых пульсаров модулируется более низкой частотой. Обычно частота модуляции в 2—6 раз меньше частоты повторения импульсов

100—300 тыс. лет после своего образования они становятся практически ненаблюдаемыми. Поэтому только сравнительно молодые пульсары отождествляются с образовавшимися одновременно с ними радиотуманностями. Пульсар PSR 0833-45 как раз и является таким объектом.

Говоря об отождествлении сравнительно молодых пульсаров с радиотуманностями, следует иметь в виду еще одно важное обстоятельство. Дело в том, что пространственные скорости пульсаров относительно окружающих их звезд могут быть весьма значительными — до нескольких сотен километров в секунду. Уже давно известно, например, что центральная звезда Крабовидной туманности, оказавшаяся пульсаром NP 0531, имеет довольно значительное собственное движение — около $0'',02$ в год. Учитывая расстояние до этой туманности (около 2 кпс), можно найти, что перпендикулярная к лучу зрения составляющая скорости пульсара NP 0531 близка к 150 км/сек — величина достаточно большая. Полная скорость этого пульсара, вероятно всего, превышает 200 км/сек.

Причиной таких высоких скоростей пульсаров может быть несимметричный характер взрыва Сверхновой звезды. В этом случае, согласно закону сохранения импульса, образовавшаяся одновременно с несимметрично выброшенной газовой оболочкой нейтронная звезда получит «отдачу», которая будет соответствовать скорости в несколько сотен километров в секунду. Из этого обстоятельства следует, что за время жизни радиотуманности (300 000 лет) пульсар, двигаясь со скоростью 300 км/сек, пройдет расстояние около 100 пс и выйдет за пределы туманности. По-видимому, пульсар NP 0527, находящийся около Крабовидной туманности, «вылетел» из другой туманности — S 147, удаленной от пульсара на $2^\circ,5$. В противоположность Крабовидной туманности, S 147 является одной из старейших радиотуманностей. Ее возраст превышает 200 000 лет. Некоторые другие пульсары также можно отождествить с расположенными неподалеку от них «старыми» радиотуманностями.

Если пульсары движутся со скоростью несколько сотен километров в секунду, то значительная их часть будет покидать пределы

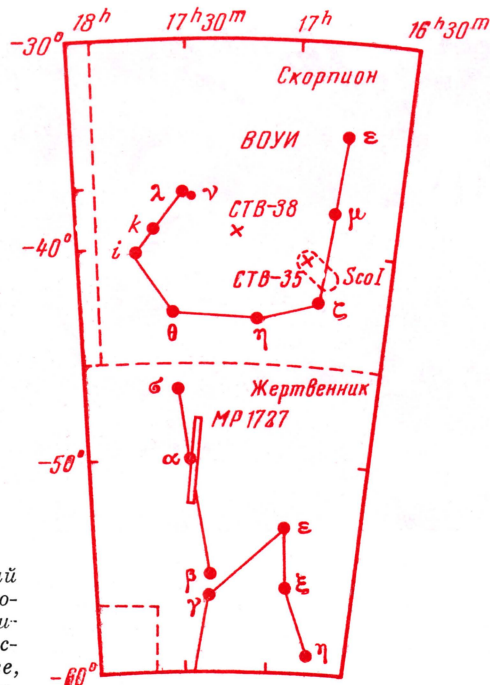
ния пульсаров мы видим около 5% от их общего количества.

Но и у этой стройной системы имеются свои недостатки.

Если бы период повторения импульсов зависел только от возраста каждого пульсара, то зависимость скорости возрастания периода от величины самого периода выражалась бы для всех пульсаров какой-то плавной кривой. Однако этого нет. Т. Коул из Муллардовской обсерватории измерил увеличение периода у пульсаров CP 0328 + 54 и NP 1506 + 55. Периоды этих пульсаров близки (0,7145 и 0,7397 секунды), а увеличиваются они по-разному: на 60 ± 5 и на 167 ± 14 наносекунд в год.

Обнаружено еще одно интересное обстоятельство. На месте сравнительно недавно вспыхнувших Сверхновых — Тихо Браге 1572 года и Кеплера 1604 года — сейчас находятся радиоисточники OON 6A и CTB-41, которые являются расширяющимися оболочками Сверхновых. Казалось бы, здесь должны быть пульсары с периодами, меньшими чем у самого «быстрого» пульсара NP 0531. Но их не нашли*. Может быть, маленький период повторения импульсов у NP 0531 свидетельствует не о молодости пульсара, а о его необычных физиче-

ских свойствах? На расстоянии примерно одного градуса от этого пульсара располагается пульсар NP 0527 + 20 с самым большим периодом повторения импульсов — 3,74 секунды! Если пространственная близость пульсаров не случайна, то длительность периода не может характери-



* Возможно потому, что пульсары излучают, как маяки. Их излучение узконаправленное и часто может просто не попадать на Землю.

Область неба, обозначенная в китайских хрониках, как «лунный дворец» Воуи. В 1437 г. на том месте, где сейчас обнаружен радиоисточник CTB-35, вспыхнула «звезда-гостья». В китайских хрониках упоминается также «звезда-гостья», совпадающая с радиоисточником CTB-38. Пульсар MP 1727 находится значительно южнее, в пределах прямоугольника, расположенного вблизи звезды α Жертовника

нашей звездной системы — Галактики. Заметим, что характер движения пульсара должен зависеть от направления скорости, которую он получил в момент своего образования. Если ее направление более или менее совпадает с направлением скорости вращения Галактики, то пульсар покинет Галактику. Можно ожидать, что такие пульсары образуют своеобразную «корону» вокруг нашей и других галактик. За время жизни галактики (около 10 млрд. лет) пульсары, двигаясь со скоростью 200 км/сек, «уйдут» от породившей их галактики на расстояние 2 мпс, что превышает расстояние до одной из ближайших к нам галактик — туманности Андромеды.

По некоторым оценкам, за время жизни нашей Галактики в ней вспыхнуло около миллиарда Сверхновых звезд. Они вспыхивали, в основном, когда возраст Галактики был меньше миллиарда лет. Следовательно, можно ожидать, что вокруг Галактики имеется шаровой слой из старых нейтронных звезд. Радиус его 1—2 мпс, а толщина определяется разбросом скоростей вылетающих из Галактики пульсаров. Плотность пульсаров в этом слое, конечно, низкая: среднее расстояние между двумя «ме-

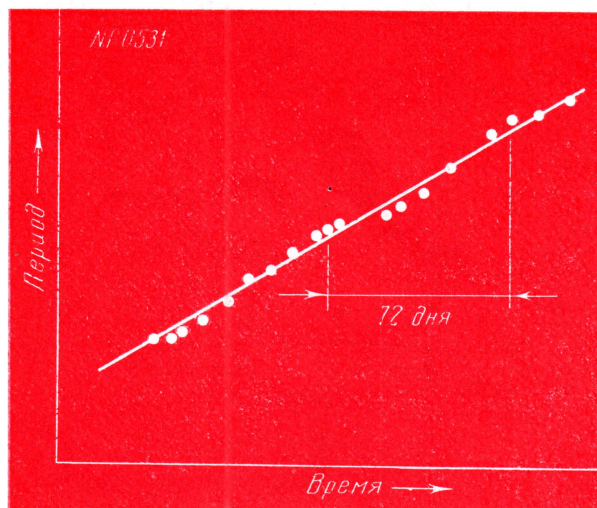
тагалактическими» пульсарами — несколько тысяч парсек. Но по метагалактическим масштабам — это довольно высокая плотность. Скорее всего, старые пульсары уже практически не излучают. Любопытно, что благодаря своим высоким скоростям старые нейтронные звезды могут попадать в «чужие» галактики. Не исключено, например, что некоторое количество пульсаров пришло в нашу Галактику из ближайших к нам Магеллановых Облаков. Возраст таких пульсаров должен быть 100 млн. лет, и они еще могут излучать в радиодиапазоне.

Если направление скорости, которую получил пульсар в момент своего образования, противоположно направлению скорости галактического вращения, а сама скорость меньше 400—500 км/сек, то пульсар не покинет Галактику, а станет двигаться вокруг ее ядра по весьма вытянутой эллиптической орбите в сторону, противоположную галактическому вращению. Возможно, что около 10% всех пульсаров, возникших в Галактике за время ее эволюции, относятся к этой категории.

Мы говорили выше об отождествлении пульсаров с радиотуманностями. Возникает вопрос: почему из двух десятков известных радиоту-

зовать возраст, и поэтому могут быть более молодые пульсары, но с большими чем у NP 0531 периодами.

Этими соображениями руководствовался Т. Кианг



Замедление периода повторения импульсов пульсара NP 0531, расположенного в Крабовидной туманности. Период растет с некоторыми колебаниями. Это явление можно объяснить, предположив, что вокруг пульсара на расстоянии 0,4 а. е. вращается планета с массой Земли

(Дансанская обсерватория близ Дублина) в своем довольно экстравагантном исследовании. Он пошел по стопам классических работ, приведших в свое время к отождествлению Крабовидной туманности, и попытался найти в древних летописях какие-либо сведения о возникновении пульсаров. В хрониках Си Це-цун, Си Дзедзун и Бо Шу-жень, охватывающих период до 1000 г. до н. э., упоминаются появления почти всех Новых, Сверхновых и комет с видимой величиной до +5. События в этих хрониках описаны весьма точно, ведь древние китайские астрономы отвечали за них головой!...

В поисках объекта, породившего пульсар MR 1727, который расположен вблизи звезды α Жертвенника, Т. Кианг выбрал из китайских списков около шести событий, относящихся к этой области неба. Центральным созвездием (в хрониках — «лунным дворцом») здесь был Воуи (Хвост), состоящий из звезд ϵ , μ , ζ , η , θ , ι , κ , λ и ν Скорпиона. О событии, датированном 1437 г. н. э., написано: «...звезда-гостья была видна между второй и третьей звездой Воуи (μ и ζ Скорпиона), ближе к третьей, примерно на полпути от нее, в течение 14 дней». Так как пульсар MR 1727 лежит на 10° юго-восточнее, «звезда-гостья», конечно, не могла им быть, но зато на этом месте, в ассоциации Sco1 находится радиоисточник CTB-35, который считают остатком Сверхновой! Попутно Т. Кианг отождествил источник CTB-38 с событием 393 г. н. э., когда «звезда-гостья» наблюдалась внутри Воуи. Из 22 пульсаров Т. Киангу удалось отождествить 15. Все события случились за последние 2000 лет. Если хотя бы треть этих отождествлений верна, то в Галактике каждые 10 лет должен возникать 1 пульсар. Отсюда непосредственно следует, что пульсары должны быть связаны не только со Сверхновыми и что их время жизни может быть невелико. Оценки, получающиеся из работы Т. Кианга, противоречат общепринятым взглядам, а потому вся работа вызывает некоторое

манностей только три или четыре отождествляются с пульсарами. Почему, например, нет пульсара в молодой радиотуманности Кассиопея А и объектах, наблюдаемых на месте исторических Сверхновых 1572 года и 1604 года. Причина, скорее всего, связана с направленностью радиоизлучения пульсаров. Нужно, чтобы излучение пульсара концентрировалось в направлении земного наблюдателя, а это случается далеко не всегда. По-видимому, во всех радиотуманностях, о которых мы упоминали, находятся «скрытые» пульсары, но их наблюдать с Земли нельзя.

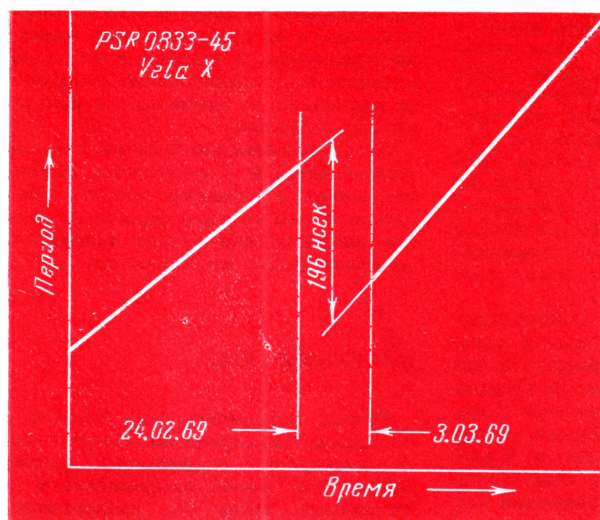
В заключении этой статьи мы остановимся на одном удивительном открытии, связанном все с тем же замечательным пульсаром NP 0531. Этот пульсар наблюдают на разных обсерваториях. Особенно тщательно исследуются все малейшие изменения его периода. Недавно было обнаружено, что на систематический вековой рост периода пульсара накладывается волна периодического изменения. Период таких изменений составляет 72 дня, а амплитуда колебаний периода около 300 микросекунд. Наиболее просто эти наблюдения интерпретируются, если предположить, что во-

круг пульсара NP 0531 на расстоянии около 0,4 а. е. обращается планета с массой, близкой к земной.

Этот результат, если, конечно, его подтвердят дальнейшие наблюдения, в высшей степени интересен. Прежде всего, он демонстрирует множественность планетных систем во Вселенной. На первый взгляд кажется невероятным, что планета, вращающаяся вокруг взорвавшейся звезды, может уцелеть после такой грандиозной катастрофы. Естественнее было бы считать, что планета типа Земли испарилась. Однако расчеты показывают, что это не совсем так. Энергия, которую нужно затратить для рассеяния массы Земли в межпланетном пространстве, равна примерно 10^{40} эрг. Вполне возможно, что энергия, поглощенная планетой во время взрыва ее «солнца», может быть в несколько раз меньше. В таком случае сохранится сильно обгоревший «огарок» планеты. Он будет продолжать свое движение вокруг нейтронной звезды. Правда, орбита его значительно изменится, так как масса центральной звезды уменьшилась — ведь выброшенная газовая оболочка ушла далеко за пределы орбиты.

недоверие. Однако опровергнуть ее могут только наблюдения.

Сложность природы пульсаров ясно видна на примере Крабовидной туманности. По-видимому, именно



Между 24 февраля и 3 марта 1969 г. период повторения импульсов пульсара PSR 0833-45, расположенного в туманности Vela X, внезапно уменьшился на 196 наносекунд. После скачка скорость увеличения периода изменилась

здесь, вопреки А. Эйнштейну, «господь-бог» проявил свою злонамеренность, а не изощренность. До сих пор не найдено ни одного пульсара, похожего на NP 0531. Как известно, этот пульсар — импульсный рентгеновский источник. Несколько групп исследователей безуспешно искали рентгеновское излучение от других пульсаров, также безуспешными оказались поиски импульсного излучения от рентгеновских источников. Оптическое излучение обнаружено только у пульсара NP 0531, хотя некоторые другие пульсары в десятки раз ближе к нам, чем объект в Крабовидной туманности. Период пульсара NP 0531, как показали измерения, выполненные с 10 мая по 8 октября 1969 г., увеличивается не просто пропорционально времени, а с некоторыми колебаниями, период которых около 72 дней.

Неожиданный сюрприз преподнес пульсар PSR 0833-45, который ассоциируется с радиотуманностью Vela X. Между 24 февраля и 3 марта 1969 г. период повторения импульсов у него внезапно уменьшился на 196 наносекунд. Одновременно увеличилась скорость изменения периода на 6%! Большинство исследователей объясняют скачок тем, что уменьшился момент инерции пульсара и он стал вращаться быстрее. Уменьшение момента инерции могло произойти благодаря изменению состояния вещества нейтронной звезды или же сбросу оболочки, как это случается у Новых звезд. Но при этом должен сохраниться прежний момент количества движения. Возможно, расширяющаяся оболочка Сверхновой частично выпала на поверхность нейтронной звезды, сама звезда в результате увеличения массы сжалась, а ее момент инерции уменьшился.

Этот обзор достижений и разногласий в интерпретации пульсаров, разумеется, далеко не полный. Но мы надеемся, что читатель почувствовал всю сложность «тайны» этих необычных объектов.

Х. РЁДЕРЕР

ЧАСТИЦЫ И ПОЛЯ В КОСМИЧЕСКОЙ ОКРЕСТНОСТИ ЗЕМЛИ

Эта статья суммирует существующие представления о сложных процессах взаимодействия солнечного ветра и Земли.

ЧТО МЫ ЗНАЕМ О СОЛНЕЧНОМ ВЕТРЕ

Солнечный ветер, этот сплошной поток ионизованного газа, распространяющегося от Солнца, можно рассматривать как продолжение постоянно расширяющейся солнечной короны. От верхней турбулентной фотосферы энергия передается вышележащим слоям в виде звуковых и гидромагнитных волн. Эти волны в свою очередь передают часть своей энергии окружающему газу, через который они проходят, и нагревают его. Такой постоянный «источник тепла» вынуждает окружающий газ распространяться в межпланетное пространство, преодолевая тяготение Солнца. Энергия частиц рассеивается. Особенно энергично это происходит над активными областями солнечной поверхности, а также во время солнечных вспышек.

Солнечный ветер как высокоионизованный газ малой плотности является идеальным проводником, в котором электрические токи не встречают сопротивления. Магнитное поле, возникающее в такой среде, будет перемещаться вместе с газом. В среде бесконечно большой электропроводности любой индуцированный ток, противостоящий приложенным извне

большим изменениям магнитного поля, никогда не исчезает. В таком газе не происходит никаких существенных изменений поля, и плазма солнечного ветра несет в себе «вмороженные» магнитные поля солнечного происхождения. В процессе движения от Солнца силовые линии этих полей должны, естественно, растягиваться в радиальном направлении. Кроме того, поскольку Солнце вместе с замыкающимися на него силовыми линиями вращается, а плазма, в которую вморожены силовые линии, смещается радиально, то линии поля принимают вид спиралей.

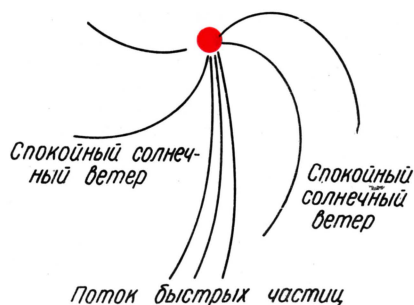
Скорость солнечного ветра, зарегистрированная в окрестностях Земли, составляет в среднем около 350—450 км/сек. В течение одного дня после вспышки она может возрастать приблизительно до 700 км/сек.

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Точные измерения, выполненные с помощью космических аппаратов, подтверждают спиральную форму магнитного поля, вмороженного в солнечный ветер и движущегося вместе с ним. При «спокойном» потоке солнечного ветра линии поля находятся в плоскости эклиптики и отклоняются в районе орбиты Земли на 45° к западу от прямой линии Солнце — Земля. Величина напряженности вблизи Земли составляет

«Astronautics and Aeronautics», 1, 1969. Перевод И. С. Савельевой. Публикуется с небольшими сокращениями.

5y. Эта величина может существенно возрастать, особенно при солнечных вспышках. Важное открытие было сделано в результате измерений направления линий магнитного поля. Выяснилось, что поле имеет секторную структуру с противоположной полярностью в соседних секторах. Когда солнечная вспышка вызывает возрастание интенсивности и скорости потока плазмы, вмороженные в него линии магнитного поля оказываются более выпрямленными, нежели остальные линии поля, которые связаны со «спокойными областями». В этом случае сдвиг фаз между прохождением центрального меридиана активной области и возмущением в районе Земли оказывается меньше. Взаимодействие между быстрыми «лучами» солнечного ветра с окружающим их спокойным солнечным ветром вызывает ударные волны, ускорение частиц и т. д.

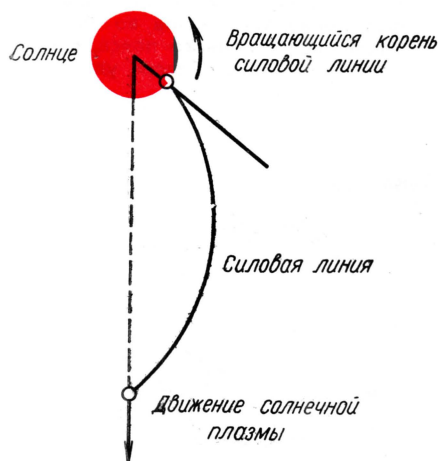


Структура магнитного поля Солнца

ТЕМПЕРАТУРА СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА

Конечно, применительно к солнечному ветру термин «температура» имеет совершенно особый смысл. Иногда температуру плазмы рассматривают как величину, характеризующую среднюю кинетическую энергию ее частиц при их неупорядоченном движении. В солнечном ветре, однако, ионы и электроны имеют разную температуру. Кроме того, поскольку вмороженное магнитное поле влияет на движение заряженных частиц, то можно ожидать, что температура в направлении линий поля и перпендикулярно к ним будет различной.

Вдоль линии магнитного поля температура плазмы вблизи Земли оказалась более высокой, нежели в перпендикулярном направлении. Но оба



Поток плазмы от Солнца

значения температуры существенно ниже температуры у основания короны ($1,5 \cdot 10^6$ K), что обусловлено «охлаждением» солнечного ветра в результате расширения. Сущность механизма «охлаждения» — бетатронное замедление в постепенно ослабевающем магнитном поле (ведь ионы движутся от Солнца группами). Замедление оказывается менее эффективным для частиц, движущихся вдоль линий поля, следовательно, в этом направлении температура будет более высокой.

УДАРНАЯ ВОЛНА, МАГНИТНАЯ ПЕРЕХОДНАЯ ОБЛАСТЬ И МАГНИТО-ПАУЗА

Солнечный ветер представляет собой поток бесстолкновительной плазмы, растекающийся от Солнца со сверхзвуковой скоростью. Земля — одно из препятствий на пути этого потока. Первое «предупреждение», которое получает частица солнечного ветра о том, что она приближается к препятствию, исходит от ударной волны. В обычном газовом потоке при сверхзвуковой скорости информация о наличии препятствия передается жидким частицам в результате столкновений соседних частиц в очень тонком слое ударной волны, где происходит сжатие и нагрев, а также общее замедление до околозвуковой скорости.

В бесстолкновительной плазме «информация» передается только через электромагнитное поле. В бесстолкновительной ударной волне сжатие частиц и неадиабатический нагрев происходят, по-видимому, в слое, равном радиусу вращательного движения захваченной заряженной частицы вокруг силовой линии (т. е. в области толщиной в 1 циклотронный радиус). Для типичных параметров сол-

нечного ветра это будет составлять всего лишь около 1000 км.

Существование ударной волны перед Землей сейчас подтверждено экспериментально, а ее расположение и форма в «передней» части магнитосферы довольно хорошо изучены. Геоцентрическое расстояние до ударной волны в подсолнечной точке для спокойных условий равно 13—14 радиусам Земли. С помощью космических аппаратов установлено, что за ударной волной следует переходная область сжатого потока сверхзвуковой плазмы, которая называется магнитной оболочкой. Плазма в ней нагрета до температуры в 10 раз выше, чем плазма солнечного ветра. Любая небольшая неоднородность межпланетного поля при прохождении через область ударной волны усиливается. Такие неоднородности могут способствовать общей турбулизации потока непосредственно за ударной волной, можно представить себе, что эта турбулентность как бы способствует процессу оттекания. Экспериментально было доказано существование турбулентности в переходной области. При измерениях переходной области обнаружили хаотические изменения направления и напряженности магнитного поля за ударной волной.

Переходная область действует подобно упругой среде, передающей давление солнечного ветра непосредственно магнитному полю Земли. Поэтому находящаяся в переходной области идеально проводящая плазма будет сжимать поле до состояния равновесия между давлением солнечного ветра и давлением магнитного поля Земли. Сжатие геомагнитного поля во время магнитных бурь подтверждает существование потока солнечной плазмы.

Частицы набегающего потока солнечного ветра в переходной области могут в течение некоторого времени скользить вдоль границы геомагнитного поля по направлению, зависящему от заряда. Так возникают электрические токи, которые необходимы, чтобы заключить поле Земли в огра-



Движение протонов солнечной вспышки в межпланетном магнитном поле

ниченный объем. Границу геомагнитного поля называют магнитопаузой.

В переходной области, вблизи магнитопаузы, поток плазмы вновь приобретает характер установившегося. Он направлен параллельно пограничной поверхности.

Форма и расположение магнитопаузы, а также ударная волна чрезвычайно сильно изменяются во времени — от 2 до 6,6 радиусов Земли. От состояния магнитопаузы зависит ее реакция на возмущения в потоке солнечного ветра.

КОНФИГУРАЦИЯ МАГНИТОСФЕРЫ

Полость, охваченная потоком солнечного ветра, называется магнитосферой. Каждая точка внутри магнитосферы связана с Землей силовой линией геомагнитного поля. Магнитосфера вытянута в сторону от Солнца и переходит в геомагнитный шлейф. Существование геомагнитного шлейфа указывает на непрерывный перенос количества движения от солнечного ветра через магнитопаузу к геомагнитному полю и плазме.

Намагниченность внутренней части Земли; токи в области магнитопаузы; токи, текущие поперек геомагнитного шлейфа; плоскость, которая называется нейтральным слоем; токи, связанные с градиентами интенсивности потоков захваченных частиц; ионосферные токи — таковы источники магнитосферного поля.

Форма магнитосферного поля сильно изменяется во время геомагнитных возмущений. В период сильных геомагнитных бурь, вызванных главным образом усилением потока солнечного ветра, магнитосфера резко сжимается, напряженность поля в шлейфе возрастает, а также усиливается ток в нейтральном слое. В большинстве случаев сильное сжатие маг-

нитосферы вызывает диамагнитный электрический ток вокруг Земли (в пространстве, очерченном 4—5 радиусами Земли), сильно искажающий первоначальную конфигурацию поля. Этот «кольцевой ток», эквивалентная интенсивность которого может достигать миллиона ампер, заставляет линии поля смещаться наружу. Этот процесс называют вздутием магнитосферы. Уменьшение интенсивности поля, наблюдаемое на поверхности Земли в экваториальных районах, принято называть главной фазой магнитной бури.

И наконец, существует еще один тип геомагнитных возмущений — полярные суббури. Они частично обусловлены ионосферными токами в высоких геомагнитных широтах. Цепь этих возмущений замыкается, по-видимому, токами вдоль силовых линий поля, которые простираются далеко в вечернюю и ночную стороны магнитосферы.

НАСЕЛЕННОСТЬ МАГНИТОСФЕРЫ ЧАСТИЦАМИ

Если мы введем заряженные частицы в магнитосферу, с некоторым вектором начальной скорости под углом к вектору магнитного поля, то они приобретут спиральное движение вокруг силовой линии. Когда спиральное движение направлено к полю более высокой напряженности, частица, испытывая влияние индукции, ускорит свое движение. Поскольку полная энергия частицы не может изменяться в статическом магнитном поле, то возрастание кинетической энергии должно произойти только за счет уменьшения кинетической энергии замедляющего продольного движения частицы вдоль силовых линий.

В результате может быть достигнута «зеркальная точка», где частица некоторое мгновение движется в плоскости, перпендикулярной полю, а затем начинает постепенно ускорять движение в противоположном направлении.

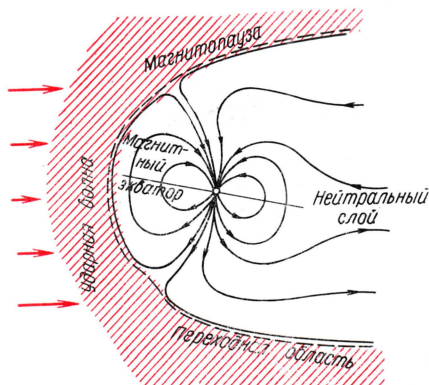
В области замкнутых линий поля магнитосферы заряженная частица может колебаться между двумя зеркальными точками, лежащими относительно геомагнитного экватора на противоположных концах линии. Кроме колебательного движения частицы испытывают также и дрейф по долготе вокруг Земли. Электроны дрейфуют к востоку, протоны — к западу. Этот дрейф обусловлен тем, что поле неоднородно, а линии поля магнитосферы искривлены. Частица может, таким образом, остаться «захваченной» навсегда в геомагнитном поле, если она проникла в него при благоприятных начальных условиях и не подвергается внешним возмущениям. Таков механизм, который позволяет

частицам накапливаться в магнитном поле Земли, образуя радиационный пояс. Если захваченных частиц немного, магнитное поле полностью управляет их движением. Но постоянное увеличение количества частиц (до тех пор пока плотность их кинетической энергии не будет соизмерима с плотностью электромагнитной энергии) приведет к возмущениям магнитного поля. Магнитные моменты множества частиц, просуммированных вместе, образуют избыточное магнитное поле (диамагнитный эффект).

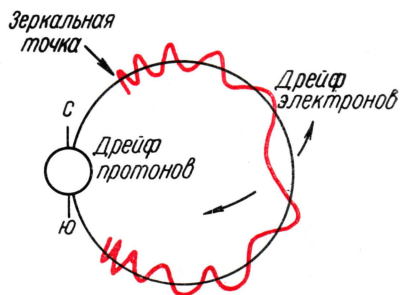
Степень заполнения (населенность) магнитосферы частицами можно характеризовать в зависимости от особенностей их движения. Во-первых, имеется группа устойчиво захваченных частиц, которые колеблются вдоль замкнутых линий поля и дрейфуют вокруг Земли на замкнутых «дрейфовых оболочках». Такие частицы могут двигаться вечно, если на них не воздействуют внешние возмущения. Во-вторых, временно населяют магнитосферу «квази-захваченные» частицы. Колеблясь вверх и вниз на замкнутых линиях поля, они не могут совершить полный оборот вокруг Земли, так как им препятствуют разомкнутые линии поля. Таким образом, радиационные пояса Земли заполнены предельно возможным потоком частиц, удовлетворяющим условиям устойчивости.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТОКОВ ЧАСТИЦ В МАГНИТОСФЕРЕ

Внутренняя часть радиационного пояса с максимальными потоками в области, очерчиваемой 1,6 радиуса Земли, довольно устойчива как во время геомагнитных бурь, так и на протяжении цикла солнечной активности. Внешняя часть обнаруживает значительные вариации во времени, зависящие главным образом от геомагнитной активности. Рассматривая распределение электронов во внешней части радиационного пояса, следует отметить, что в области, удален-



Конфигурация поля магнитосферы



Движение частиц в магнитосфере

ной от поверхности нашей планеты на 2,5—3,0 радиуса Земли, существует характерный зазор. Он наиболее четко выражен для высоких энергий. Поток частиц высокой энергии очень быстро уменьшается с удалением от Земли.

Энергетический спектр протонов достаточно хорошо изучен. Во внутренней части радиационного пояса величины энергий достигают почти 1000 Мэв. Во внешней зоне, где протоны высокой энергии отсутствуют, обнаружен экспоненциально изменяющийся спектр, характеризующийся энергией в десятки Кэв на больших удалениях и постепенно возрастающий до 600 Кэв по мере приближения к Земле на расстояние в 3 земных радиуса. Энергетические спектры природных электронов во внутреннем поясе изучены еще недостаточно. Электроны, образовавшиеся в результате ядерных взрывов, затрудняют изучение энергетических спектров. Однако выявлена тенденция спектров иметь более жесткую форму по мере приближения к Земле.

Полное распределение частиц в радиационном поясе зависит от времени. Проанализировать временные изменения оказывается довольно трудно. Обычно измерения проводятся с помощью специального датчика на борту искусственного спутника Земли. Если временные вариации значительны по продолжительности, но невелики по величине, то их очень трудно отличить от пространственных.

Наблюдаются две совершенно разные категории временных вариаций. Одна из них связана с медленными изменениями конфигурации геомагнитного поля. Во время этих изменений под влиянием слабых индуцированных электрических полей частицы изменяют свои орбиты и энергии таким образом, чтобы обеспечить сохранение так называемых «адиабатических инвариантов». Другая категория временных вариаций — процессы, поддерживающих существование радиационного пояса, — обусловлена кратковременными импульсами или взаимодействием с окружающим пространством, атмосферой.

МАГНИТОСФЕРНАЯ ПЛАЗМА И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Выделяются две четкие области магнитосферной плазмы. Одна из них расположена близко от нашей планеты — в пределах 4 радиусов Земли. Она связана с дипольным полем и вращается вместе с ним. Эта область образует плазмосферу, которая резко обрывается на поверхности, называемой плазмопаузой.

Другая область плазмы сконцентрирована вокруг нейтрального слоя в

шлейфе магнитосферы. Этот слой, по видимому, играет большую роль в период определенных геомагнитных возмущений. Во время полярных бурь эта область сжимается и смещается к Земле. Плазмосфера также претерпевает изменения в период геомагнитных возмущений.

Магнитосферная плазма, геомагнитное поле и общее крупномасштабное электрическое поле, которое обуславливает почти все физические процессы, происходящие в магнитосфере, связаны между собой. Об общем электрическом поле очень мало известно, к сожалению, еще не ясно, как оно ведет себя во время спокойных периодов.

Электрическое поле состоит из двух компонентов: поле, расположенное вблизи Земли, и поле, вращающееся вместе с Землей. Последнее ориентировано радиально к Земле и управляет вращением плазмы. Другое поле более сложное. Оно расположено над магнитосферой, связано с общей конвекцией плазмы в шлейфе и во внешних областях магнитосферы, а также с нисходящим движением в полярной ионосфере.

КАК ОБРАЗУЮТСЯ ПОТОКИ ЧАСТИЦ ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ

Хорошо известно, что большинство частиц попадает в пояса из солнечного ветра. Каким-то образом этим частицам удается проникнуть в магнитосферу, а затем в область замкнутых линий поля. Очевидно, что при этом частицы уже прошли начальную стадию ускорения в шлейфе или находились в состоянии квази-захваченных частиц. Кроме того, некоторые очень энергичные протоны, обнаруживаемые во внутреннем поясе, могли быть привнесены в процессе радиоактивного распада нейтронов, отраженных от Земли в результате ядерных столкновений между частицами космических лучей и атмосферой.

Ускорение и диффузия не могут рассматриваться независимо друг от друга. Мы знаем две категории процессов диффузии, причем в каждой из них могут быть выделены различные группы. Одна категория — это радиальная диффузия, другая называется диффузией по питч-углу, т. е. по углу между вектором скорости частицы и касательной к силовой линии.

Диффузия по питч-углу рассеивает частицы вдоль линий поля. Таким образом, можно представить внешний источник частиц радиационного пояса, который расположен около экватора, вне области замкнутых силовых линий, при этом частицы диффундируют внутрь поля и рассеиваются вдоль линий поля. В своей диффузии внутрь поля они приобретают энергию, а рассеиваясь вдоль линии поля, некоторая доля частиц выпадает

в более плотные слои атмосферы, где они теряют свою энергию и «исчезают».

Потоки частиц высокой энергии очень слабы и здесь нет никакого эффекта «обратной связи» на рассеивающие волны. В диапазоне низких энергий, однако, потоки настолько большие, что населенность частицами отчасти управляет волнами, и наоборот. Это приводит к возникновению саморегулирования, при котором, например, любое избыточное внедрение частиц вызывает появление волн, которые усиливают диффузию частиц вниз по линиям поля в поглощающую частицы атмосферу и снимают, таким образом, излишнюю населенность магнитосферы частицами. Условия распространения волн в магнитосфере зависят от внешней плазмы. Поэтому форма плазмопаузы и ее изменения во времени имеют важное влияние на населенность захваченными частицами.

Во внутренней магнитосфере, т. е. на малых высотах, большую роль играют упругие соударения с молекулами воздуха. Ниже 1800 км кулоновское рассеяние становится преобладающим механизмом диффузии по питч-углам. Это единственный механизм диффузии, который исследован подробно и для которого теория и эксперимент находятся в превосходном согласии.

Малые внезапные сжатия магнитосферы, возникающие на ее границе и связанные, очевидно, с флуктуациями солнечного ветра, вызывают во внешней магнитосфере радиальную диффузию. Во время каждого сжатия захваченные частицы выбрасываются из дрейфовых оболочек индуцированным полем, связанным с сжатием магнитного поля. В зависимости от того, захвачены ли частицы на ночной или дневной стороне магнитосферы, они смещаются наружу и затормаживаются или же смещаются внутрь, ускоряя свое движение. Суммарным результатом таких быстрых сжатий будут радиальная диффузия со средним потоком частиц, направленным к Земле, а также ускорение частиц. Здесь, конечно, могут происходить одновременно и другие процессы. Многие еще предстоит сделать и экспериментально, и теоретически, чтобы уяснить радиальную диффузию частиц радиационных поясов.

Что читать по теме статьи:

Г. А. Скуридин, В. Д. Плетнев, В. П. Шалимов, И. Н. Швачунов. Солнечный ветер, магнитосфера и радиационный пояс Земли. «Земля и Вселенная», № 3, 4, 1965 г.

М. Г. Крошквин. Физико-технические основы космических исследований. М., 1969 г.

И. М. ПОДГОРНЫЙ

кандидат физико-математических наук

ИСКУССТВЕННЫЙ СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР

Исследования магнитосферы в межпланетной плазме связаны с очень трудными и дорогостоящими экспериментами. На помощь ученым приходит опыт, поставленный в лабораторных условиях.

СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР И МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

В результате космических исследований обнаружен поток водородной плазмы, который непрерывно испускается Солнцем. Этот поток получил название солнечного ветра. В нем определяющее значение имеет электростатическое взаимодействие между ионами и электронами. Если концентрация заряженных частиц в данном объеме ионизованного газа превышает критическое значение, при котором энергия электростатического взаимодействия становится больше энергии теплового движения, образуется плазма. Концентрация частиц в солнечном ветре мала (около 10 частиц в 1 см^3). Однако в гигантских масштабах межпланетного пространства заряженные частицы оказываются связанными электрическим полем и образуют единую систему — плазму.

Электрическое поле не является единственным фактором, действующим на поведение частиц в солнечном ветре. Магнитное поле в свою очередь оказывает влияние на частицы межпланетной плазмы и делает среду анизотропной: движение частиц поперек силовых линий становится сильно затрудненным. Высокая электронная температура солнечного ветра, а следовательно, высокая электропроводность плазмы приводят к прочной связи магнитного поля со средой, магнитное поле как бы вморожено в плазму.

Еще одно важное свойство солнечного ветра — высокая скорость потока (до 500 км/сек), в несколько раз превышающая скорость распространения возмущения в плазме. Последнее обстоятельство позволяет сравнить солнечный ветер со сверхзвуковым потоком, обтекающим препятствие, т. е. на определенном расстоянии от поверхности препятствия возникает разрыв параметров плазмы. Скорость, температура, концентрация и другие параметры изменяются скачкообразно внутри узкой области ударной волны. Внутри фронта ударной волны частицы потока могут передавать свою энергию друг другу, переводя энергию направленного движения в тепловую.

Аналогичная картина наблюдается в межпланетной плазме при обтекании солнечным ветром Земли. Препятствием в данном случае служит магнитосфера Земли. Оказывая давление на магнитное поле Земли, поток плазмы деформирует поле магнитного диполя. Магнитное поле Земли напоминает поле намагниченного шара в радиусе, не превышающем 8—10 радиусов Земли.

На дневной стороне поток плазмы солнечного ветра сжимает силовые линии магнитного поля Земли так, что на границе раздела давление потока уравнивается давлением магнитного поля. Граница между плазмой и полем становится ответственной за образование удар-

ной волны. Однако образование ударной волны в космосе невозможно объяснить теми же физическими процессами, которые протекают в сверхзвуковой аэродинамической трубе. Основное отличие состоит в гигантской величине длины свободного пробега частиц в межпланетной плазме, где длина свободного пробега значительно превышает расстояние от Земли до Солнца. И, естественно, нельзя объяснить неупорядоченность потока плазмы внутри ударного фронта обычными столкновениями между частицами: ширина фронта примерно в 10 млн. раз меньше пробега частиц до столкновения.

Несмотря на кажущуюся парадоксальность первых результатов измерений ширины ударного фронта в космосе, эти данные не были совершенно неожиданными. Уже на протяжении многих лет в лабораториях исследуют так называемые бесстолкновительные ударные волны, в которых переход энергии направленного движения в тепло (диссипация) вызван не столкновением частиц друг с другом, а рассеянием на микрофлуктуациях электромагнитных полей. Источником микрофлуктуаций являются различного рода неустойчивости плазмы.

Новые сведения принесли также измерения на ночной стороне. Оказалось, что взаимодействие солнечного ветра с магнитным полем Земли приводит к образованию шлейфа магнитосферы, вытянутого в сторону, противоположную Солнцу, вдоль оси Солнце—Земля. Напряженность поля на самой оси чрезвычайно мала. Силовые линии выше и ниже оси имеют противоположные направления. Слой, в котором происходит поворот вектора поля на 180° , часто называют «нейтральным».

ВОЗМОЖНО ЛИ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МЕЖПЛАНЕТНОЙ ПЛАЗМЫ?

Исследования магнитосферы и бесстолкновительной ударной волны в межпланетной плазме связаны с трудными и дорогостоящими экспериментами, поэтому нужно попытаться воспроизвести их в лаборатории с использованием всего арсенала современной диагностики плазмы. Основная проблема опыта заключается в правильном подборе параметров плазмы. Положение осложняется тем, что нельзя точно моделировать весь комплекс явлений в межпланетной плазме. Однако можно подобрать такие условия, которые позволят воспроизвести отдельные явления или группу явлений.

Для образования ударной волны требуется, чтобы отношение скорости движения потока к скорости распространения возмущения (число Маха) было большим единицы. Для различных типов возмущений существуют различные критические значения числа Маха ($M_{кр}$), при

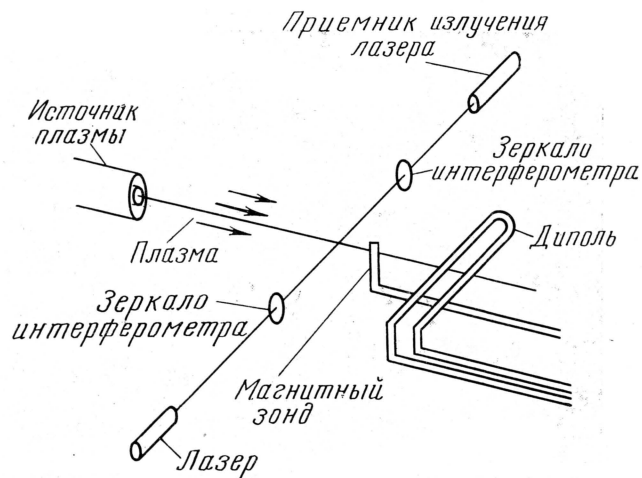
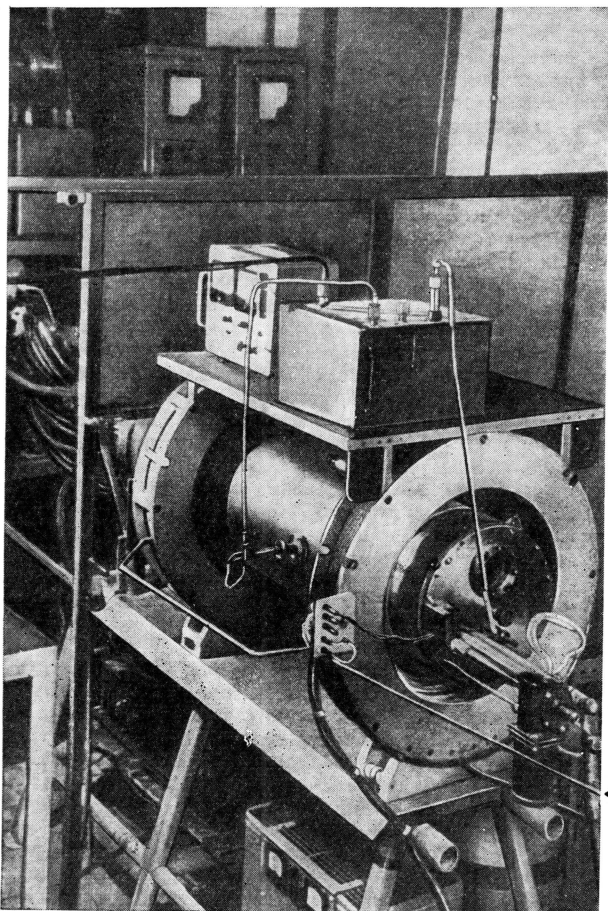


Схема установки. Примененный электродинамический метод ускорения плазмы заключается в использовании сил, действующих на участок контура с током

Установка для получения искусственного солнечного ветра. На переднем плане цилиндрическая вакуумная камера, помещенная внутри двух катушек. Катушки создают продольное поле, необходимое для контрольных экспериментов. Над камерой — контейнер с электронной аппаратурой. Стенки контейнера и экранированные вводы служат надежной защитой от электромагнитных помех, всегда сопровождающих работу импульсных плазменных установок

Фото А. Плимоватого

которых изменяется характер ударной волны. Числа Маха в лабораторном эксперименте и в космосе должны быть одинаковыми.

Для правильной постановки эксперимента нужно обеспечить большую длину свободного пробега λ по сравнению с размером магнитосферы L . Точное сохранение L/λ в лабораторном эксперименте невозможно. Но при $L/\lambda \gg 1$ диссипация энергии не происходит из-за столкновения частиц между собой. Иными словами, при выборе значения длины свободного пробега используется принцип ограниченного моделирования, т. е. условия воспроизводятся неточно, но они выбираются так, чтобы характер моделируемых процессов был по возможности подобен природному.

Требование $L/\lambda \gg 1$ еще не означает, что зарегистрированная в лаборатории бесстолкновительная ударная волна будет обладать теми же свойствами, что и ударная волна в межпланетном пространстве, так как нагревание плазмы на ударном фронте может происходить за счет различных физических процессов.

Для воспроизведения совокупности явлений в ударной волне, включая структуру фронта, ее ширину и ряд других особенностей, необходимо, чтобы основные безразмерные параметры, равные по порядку величины единице и определяющие механизм диссипации, в межпланетной и лабораторной плазме были одинаковыми.

Таким образом, постановка задачи о моделировании ударной волны в межпланетной плазме сводится к под-

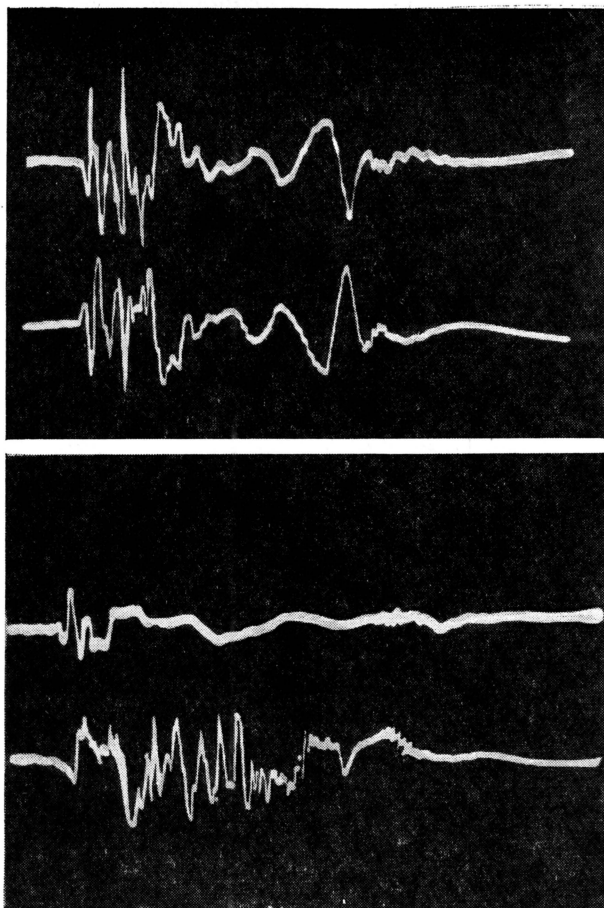
бору таких условий эксперимента, чтобы определенные безразмерные параметры удовлетворяли поставленной задаче. Такой подбор параметров служит иллюстрацией использования принципа ограниченного моделирования.

КАК БЫЛ ПОСТАВЛЕН МОДЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ?

В экспериментах, выполненных автором совместно с Э. М. Дубининым и Г. Г. Манагадзе (Институт космических исследований АН СССР), для создания искусственного солнечного ветра был применен электродинамический метод ускорения плазмы.

Современный электродинамический ускоритель плазмы состоит из двух коаксиально расположенных металлических цилиндров, присоединенных к импульсному источнику тока. В пространство между цилиндрами (электродами) вводится порция водорода. Напряжение, прикладываемое к электродам, вызывает электрический пробой газа и облачко плазмы, возникшее в результате ионизации водорода, ускоряется электродинамическими силами вдоль оси цилиндров. Это простое на первый взгляд устройство требует тщательной отработки, точной установки интервалов времени между отдельными операциями и подбора оптимальных начальных условий.

Эксперименты проводились в вакуумной камере диаметром 40 см и длиной около 2 м. В качестве модели невозмущенного магнитного поля Земли было выбрано



Осциллограммы изменения магнитного поля, зарегистрированные магнитными зондами, введенными в поток плазмы. Зонды находятся на расстоянии 1 см друг от друга. Верхний луч осциллографа зарегистрировал изменения магнитного поля в искусственном солнечном ветре. Нижний луч записал показания зонда, помещенные внутри фронта

поле двумерного диполя, образованного двумя параллельными проводниками с токами, текущими во взаимно противоположных направлениях. Расстояние между осями проводников составляло 2 см.

Процессы в плазме, регистрируемые при моделировании, продолжают от одной десятиллионной доли секунды до одной сотысячной секунды. Все измерения производились с помощью импульсного осциллографа с записью на пленку. Обычно применялся двухлучевой осциллограф для одновременной регистрации данных от двух различных датчиков. При обработке полученных осциллограмм использовались счетные машины.

ИЗМЕРЕНИЯ НА ДНЕВНОЙ СТОРОНЕ ЗЕМЛИ

Поток плазмы из электродинамического ускорителя направлялся на диполь. При этом магнитное поле диполя вытеснялось из области, где давление потока превышало давление магнитного поля диполя. В области вы-

тесненного поля магнитные зонды регистрировали только поле, вмороженное в поток плазмы.

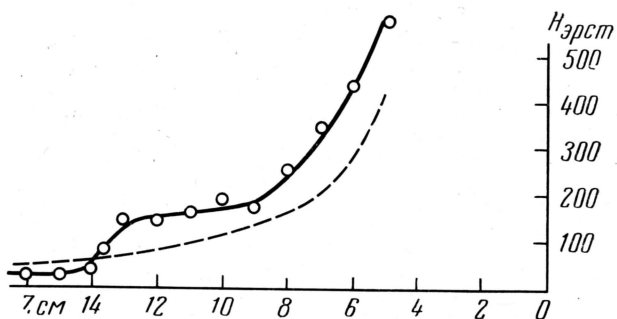
Вытеснение поля на больших расстояниях от диполя сопровождается увеличением напряженности вблизи стержней с током. Это увеличение напряженности поля — следствие сжатия плазмой магнитных силовых линий. Можно считать, что силовые линии в результате взаимодействия с потоком плазмы переместились, сконцентрировавшись вблизи диполя.

Такое представление о поведении силовых линий согласуется с результатами измерений пространственного распределения концентрации плазмы.

В области вытесненного поля наблюдается невозмущенный поток плазмы с той же концентрацией, что и при отсутствии магнитного поля диполя. В области, прилегающей к диполу, концентрация значительно ниже, чем в свободном потоке. Таким образом, создается именно та конфигурация, которая соответствует магнитосфере в космосе. Внутри магнитосферы Земли происходит ряд интересных явлений. В частности, наблюдаются захваченные магнитным полем быстрые частицы (радиационный пояс). Моделирование этих явлений требует особых условий. В рассматриваемом цикле работ исследовались только процессы, происходящие в районе границы магнитосферы и свободного потока. Граница между этими областями не резкая. В этом переходном пространстве можно выделить область фронта ударной волны и турбулентную зону. Турбулентная зона расположена между фронтом ударной волны и границей магнитосферы. В ней содержится плазма, изменившая свои характеристики после прохождения через фронт.

Параметры плазмы за фронтом ударной волны определенным образом связаны с параметрами свободного потока. Поэтому, исследуя состояние плазмы до и после предполагаемого положения фронта, можно однозначно установить, образовалась ли ударная волна.

Кривая напряженности магнитного поля согласуется с представлениями о том, как образуется ударная волна. Первое возрастание кривой отвечает фронту волны, а уровни до и после фронта должны соответствовать значениям, вычисленным по известным соотношениям.

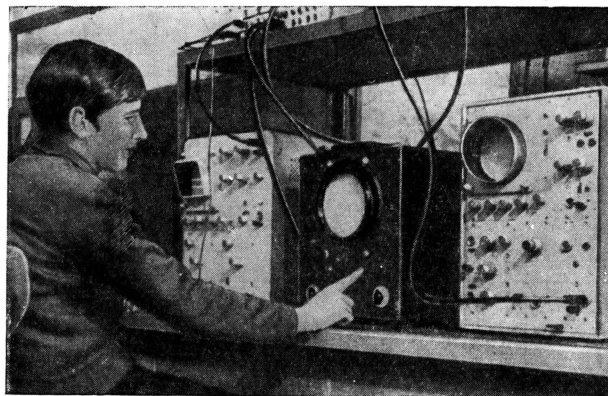


Типичные результаты измерений напряженного магнитного поля (H) на различном удалении магнитного зонда от диполя (z). Пунктирная линия — кривая магнитного поля диполя в отсутствии потока плазмы. Вдали от диполя магнитный зонд регистрирует только вмороженное в поток поле. Ближе к центру диполя наблюдается возрастание напряженности поля. На участке 13—9 см от диполя напряженность относительно постоянна, а затем вновь возрастает. Последнее усиление проходит в области, куда поток плазмы не проникает

Абсолютное сравнение с теорией произвести невозможно, так как в теоретическое выражение входит количество степеней свободы газа, а в случае турбулентной плазмы эта величина недостаточно точно определена. Получающийся в эксперименте скачок согласуется с гипотезой о состоянии потока плазмы.

Аналогичным образом при переходе через предполагаемый ударный фронт изменяется и концентрация. Величина скачка концентрации и его форма согласуются с предположением о существовании ударной волны. Существование бесстолкновительной ударной волны подтверждается измерениями ее ширины и положения в пространстве.

Таким образом, совокупность полученных экспериментальных данных показывает, что в поставленных модельных экспериментах воспроизводится бесстолкновительная ударная волна.



Наблюдения за происходящими в модельной установке явлениями производятся осциллографами различных типов

Фото А. Плимоватого

МИКРОФЛУКТУАЦИИ НА ФРОНТЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

В теории бесстолкновительных ударных волн рассматриваются различные механизмы превращения энергии направленного движения плазмы в тепловую. Для условий межпланетной плазмы, а следовательно, и для правильно поставленного лабораторного эксперимента наиболее вероятными механизмами могут быть раскачка ионнозвуковых колебаний и неустойчивость магнитогидродинамических волн.

Основными магнитогидродинамическими волнами в плазме считаются волны, распространяющиеся вдоль силовых линий магнитного поля, так называемые альфвеновские и магнитозвуковые волны, следующие поперек силовых линий. Оба типа волн устойчивы при распределении векторов скорости частиц плазмы, близком к изотропному. Если же давление плазмы вдоль силовых линий превышает суммарное давление магнитного поля и плазмы поперек силовых линий, то альфвеновские волны становятся неустойчивыми, возникают микрофлуктуации магнитного поля и частицы солнечного ветра рассеиваются на этих микрофлуктуациях. Аналогично ведут себя магнитозвуковые волны при большом, по сравнению с продольным, поперечном давлении.

Наиболее интересные данные лабораторных измерений относятся к определению пространственного размера микрофлуктуаций, так как подобные эксперименты в космическом пространстве еще не осуществлялись. Основная трудность проведения таких измерений в космосе связана с необходимостью запуска нескольких космических аппаратов, движущихся в турбулентной области на расстоянии друг от друга около 10 км и позволяющих осуществить синхронную запись показаний магнитных датчиков.

Измерения, выполненные в лаборатории с помощью нескольких магнитных зондов, расположенных внутри фронта ударной волны и в турбулентной области, позволили определить размер микрофлуктуаций. Оказалось, что сигналы с зондов, помещенных на расстояниях 5—10 мм друг от друга, практически неотличимы. При расстояниях же в 4—5 см и более сигналы с зондов совершенно различны. Это означает, что в первом случае зонды расположены внутри одной и той же флуктуации, а во втором — они регистрируют магнитные поля независимо возникших флуктуаций. Как удалось установить, пространственный размер микрофлуктуаций близок к радиусу кривизны траектории иона в магнитном поле. Это отвечает предположению о неустойчивости магнитогидродинамических волн, приводящей к хаотизации направленного движения плазмы и образованию ударной волны.

ШЛЕЙФ МАГНИТОСФЕРЫ НА НОЧНОЙ СТОРОНЕ ЗЕМЛИ

Образование шлейфа магнитосферы на ночной стороне, — несомненно, следствие существования солнечного ветра. Однако конкретный механизм вытягивания силовых линий еще недостаточно ясен. Можно предположить, что поток плазмы, аналогичный солнечному ветру, возникает в ионосфере и вытягивает силовые линии магнитного поля. Солнечный ветер, обжимая поле Земли, придает вытягиванию определенное направление. Эксперименты на ночной стороне должны были установить, может ли образоваться шлейф магнитосферы под влиянием только солнечного ветра.

Опыты, выполненные автором совместно с В. Н. Сумароковым в 1958 г., показали, что поток плазмы в определенных условиях может легко проникать в поле, вытягивая силовые линии вдоль направления движения. Однако геометрические условия этих опытов оказались плохо сопоставимы с геометрией магнитного поля Земли, начальные условия в потоке плазмы контролировались недостаточно точно.

В модельных экспериментах на ночной стороне параметры искусственного солнечного ветра были теми же, что и при исследовании бесстолкновительной ударной волны. В результате измерения магнитного поля зондами выяснилось, что сжатие поля на дневной стороне сопровождается вытягиванием силовых линий на ночной. Силовые линии на некотором расстоянии от диполя становятся практически параллельными направлению движения потока плазмы, невозмущенного диполем. Выше экваториальной плоскости силовые линии имеют направление, обратное силовым линиям, находящимся ниже этой плоскости, т. е. наблюдается такая же конфигурация, что и на ночной стороне земного магнитного поля. Как уже упоминалось, такая конфигурация может возникнуть в лабораторном эксперименте только в результате проникновения плазмы в поле. Правильность этого утверждения проверена различными методами и данные оказались в прекрасном согласии между собой. Концентрация плазмы в слое и ее температура практически не отличаются от концентрации и температуры в невозмущенном потоке плазмы. Таким образом, в лабораторном эксперименте была доказана принципиальная возможность образования шлейфа магнитного поля Земли только за счет взаимодействия с солнечным ветром.

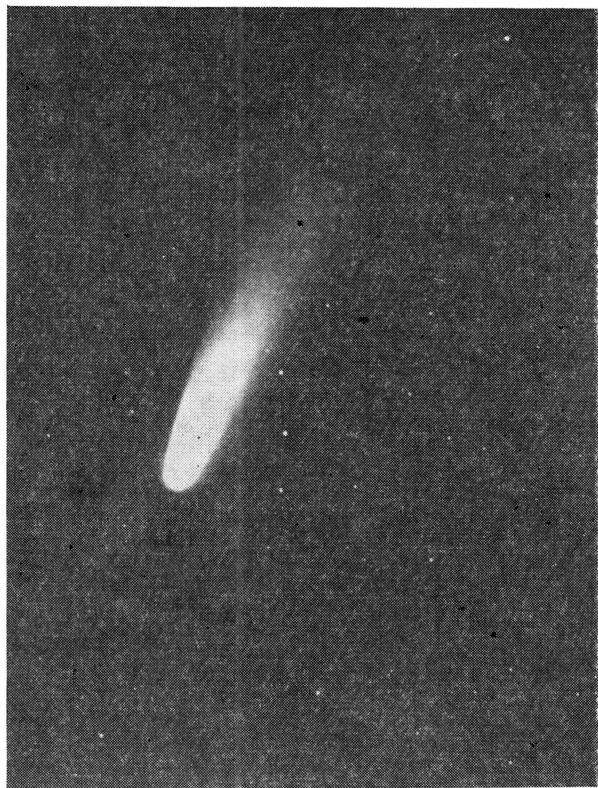
НАГРАДА УЧЕНОМУ

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 10 апреля 1970 года академик Евгений Константинович Федоров в день шестидесятилетия награжден орденом Ленина за большие заслуги в развитии геофизических наук и активное участие в организации гидрометеорологической службы.

Читатели, авторский коллектив и редакционная коллегия нашего журнала сердечно поздравляют юбиляра с высокой правительственной наградой и желают ему доброго здоровья и дальнейших успехов в научной деятельности.



НАБЛЮДЕНИЕ КОМЕТЫ БЭННЕТА



Комета Бэннета 31 марта 1970 г. Фотография получена на 40-сантиметровом астрографе Гиссарской астрономической обсерватории Института астрофизики АН ТаджССР. Экспозиция 3 минуты

Фото П. Египбекова и Х. Ибадинова



Комета Бэннета 5 апреля 1970 г. Эта фотография сделана в Рыбинске (Ярославская область) учеником 8 класса В. Фроловым. Он сфотографировал комету с помощью самодельного телескопа. Экспозиция 3 минуты



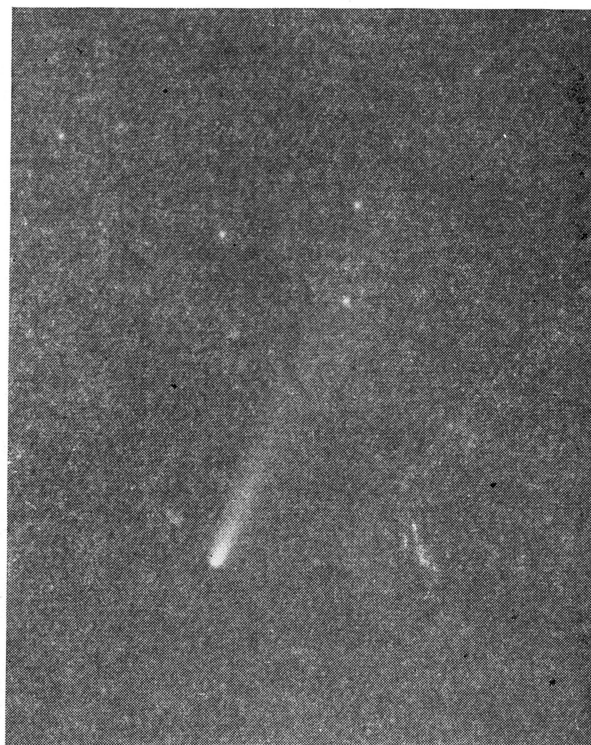
Комета Бэннета 2 апреля 1970 г. Снимок получен на телескопе АВР-3 в обсерватории Горьковского педагогического института. Экспозиция 18 минут

Фото В. Казанцева и А. Порошина

Эту комету открыл 29 декабря 1969 г. Джон Бэннет (ЮАР). Он систематически ведет поиски комет на небольшом 5-дюймовом телескопе. В день открытия комета находилась в созвездии Тукана и была довольно яркой (8-й звездной величины), хотя и не видимой невооруженным глазом. Комета двигалась к северу и через месяц перешла в созвездие Феникса.

Орбиту кометы Бэннета рассчитал японский астроном Хонда. Согласно его расчетам, комета движется перпендикулярно плоскости земной орбиты. Перигелий она прошла 20 марта 1970 г., будучи в этот день вдвое ближе к Солнцу, чем к Земле. В 20-х числах марта комета пересекла небесный экватор и стала быстро подниматься к северному полюсу мира. В марте — апреле яркость кометы возросла настолько, что ее смогли наблюдать жители многих городов нашей страны.

Редакция благодарит академика АН ГрузССР Е. К. Харадзе (Абастуманская астрофизическая обсерватория АН ГрузССР), научного сотрудника А. М. Бахарева (Институт астрофизики АН ТаджССР), а также читателей журнала А. Порошина (Горький), В. Фролова (Рыбинск Ярославской области), С. Александрова (Рязань), К. Дементьева (Старая Русса Новгородской области), Л. Круглова (Калинин), И. Яготинцеву (Новочеркасск), В. Макштелу (Шауляй Литовской ССР), В. Пучкова (Брянск Ворошиловградской области), О. Колыхалову (ст. Опалиха Московской области), приславших фотографии или описания визуальных наблюдений кометы.



Комета Бэннета 9 апреля 1970 г. Снимок сделан в Рязани неподвижной зеркальной камерой «Старт» со светосильным объективом «Гелиос-40». Экспозиция 8 секунд

Фото С. Александрова

М. И. БУДЫКО
член-корреспондент АН СССР

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ КЛИМАТОЛОГИИ

Хотя климатические условия на нашей планете меняются, эти изменения относительно медленны и обычно невелики за интервалы времени, сравнимые с длительностью человеческой жизни. Постепенно человек, овладевая достижениями современных наук, разрешает те многочисленные проблемы, которые стоят перед климатологией и о которых идет речь в публикуемой статье.

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА КЛИМАТОМ

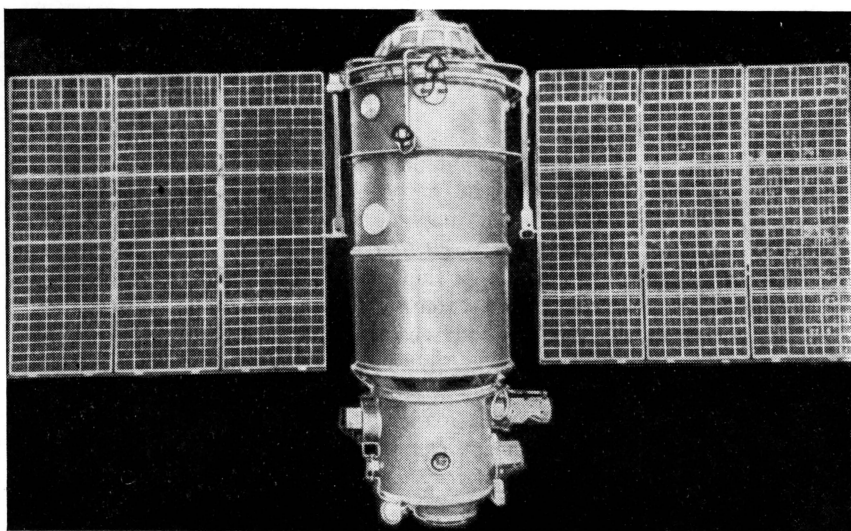
На всех континентах постоянно работают свыше десяти тысяч климатических станций и несколько десятков тысяч метеорологических постов. На климатических станциях ежедневно наблюдают за температурой и влажностью воздуха, атмосферными осадками, облачностью, ветром, давлением и другими метеорологическими элементами. Программа службы метеорологических постов часто ограничивается лишь наблюдениями за атмосферными осадками.

Последние десятилетия общую наземную метеорологическую систему дополняют мировые сети аэрологических и актинометрических станций.

В аэрологическую сеть входит около тысячи станций, на которых с помощью радиозондов и других приборов следят за метеорологическим режимом в свободной атмосфере до высот 30—40 км. Актинометрическая сеть также включает около тысячи станций, регистрирующих солнечную радиацию и ее преобразования.

Для изучения климатов Мирового океана в определенных его районах постоянно действуют корабли погоды. Поскольку число специальных кораблей погоды сравнительно невелико, метеорологические наблюдения проводятся и на других кораблях.

Теперь в климатологических работах используются данные наблюдений с искусственных спутников Земли — сведения о режиме облачности, радиационных потоках



Общий вид спутника «Космос-122» с установленной на нем метеорологической аппаратурой

на высотах движения спутников и о некоторых показателях физического состояния нижележащих слоев атмосферы.

Материалы метеорологических наблюдений, накопленные примерно за столетие, и специальные исследования климатов прошлого позволили установить, что климатические условия на нашей планете меняются, но эти изменения относительно медленны и обычно невелики за интервалы времени, сравнимые с длительностью человеческой жизни. Поэтому современный климат можно считать более или менее постоянным и соответствующим нормам (т. е. стандартным значениям) метеорологических элементов для различных географических районов.

Значения таких норм, а также показатели изменчивости метеорологических элементов от года к году приведены в климатических справочниках и отражены на климатических картах.

КЛИМАТЫ ЗЕМНОГО ШАРА

Современный климат нашей планеты отличается резко выраженной термической зональностью. В тропических широтах температура воздуха у земной поверхности и поверхностных вод океана остается высокой (в среднем 25—30°) в течение всего года.

Субтропики и, особенно, умеренные и высокие широты характеризуются заметными изменениями температуры воздуха за год; причем разность температуры зимы и лета увеличивается с удалением от океанов в глубь континентов.

В полярных широтах при больших сезонных изменениях температуры весь год или часть года она не поднимается выше нуля.

Сведения о климатах прошлого, касающиеся периодов времени длительностью до сотен лет, основаны на результатах палеогеографических исследований, в которых для определения климатических условий прошлого используются сведения о жизнедеятельности животных и растений, гидрологических процессах и т. п. Сведения о температурных условиях в прошлом удается получить из анализа изотопного состава органических остатков.

Эмпирическими исследованиями установлено, что климатические условия на протяжении последних нескольких сотен миллионов лет резко отличались от современных. В течение этого времени, за исключением относительно короткого четвертичного периода, разность температур между низкими и высокими широтами была сравнительно невелика. Причем, температура в тропических широтах была близка к современной, а температура в умеренных и высоких широтах — гораздо выше наблюдаемой в наше время.

Развитие современного значительного контраста температур между экватором и полюсами, по-видимому, началось около 70 млн. лет назад — в начале третичного периода. Этот процесс шел довольно медленно, и до начала четвертичного периода (около миллиона лет назад) разность температур между высокими и низкими широтами была все еще гораздо меньше существующей сейчас.

В четвертичном периоде температура в высоких широтах резко снизилась в связи с полярными оледенениями. Оледенение, возникшее в северном полушарии, подвергалось значительным колебаниям: то увеличивалось, достигая умеренных широт, то опять отступало. Последнее (Вюрмское) наступление ледников в Евразии закончилось около 10 тыс. лет назад, после чего постоянный ледовый покров в северном полушарии сохранился (кроме горных районов) главным образом в Северном Ледовитом океане и на островах в высоких широтах.

Климат менялся и в течение периода, освещенного данными инструментальных наблюдений, причем в пер-

вой половине нашего века отмечалось потепление, которое было особенно заметно в 20—30-е годы. В 40-х годах это потепление сменилось похолоданием.

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ЗЕМЛИ

Одна из основных проблем климатологии заключается в объяснении закономерностей формирования (генезиса) современного климата Земли и климатических условий прошлого. Для этой цели исследуется тепловой баланс Земли, характеризующий преобразования солнечной энергии на земной поверхности и в атмосфере.

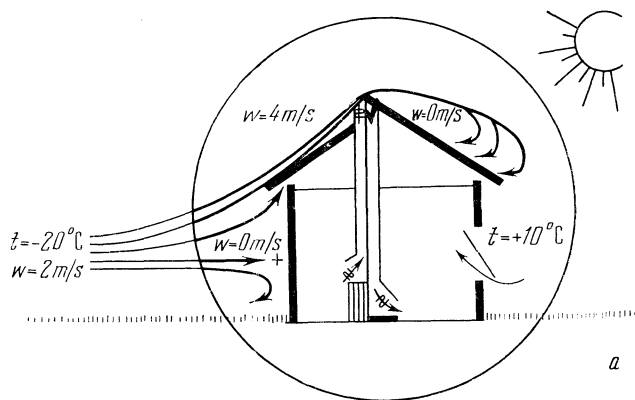
В настоящее время известно, что земная поверхность, поглощая основную долю солнечной радиации, является главным источником тепла для атмосферы. Благодаря относительно большой прозрачности атмосферы для коротковолновой радиации, по сравнению с длинноволновым тепловым излучением, радиационный баланс земной поверхности (разность поглощенной коротковолновой радиации и эффективного длинноволнового излучения) для Земли в целом положительна. Радиационный баланс атмосферы отрицателен и численно равен радиационному балансу земной поверхности. Таким образом, радиационный баланс Земли, который соответствует сумме радиационных балансов земной поверхности и атмосферы, равен нулю. Поскольку поглощение солнечной радиации в атмосфере меньше потери тепла из атмосферы в мировое пространство длинноволновым излучением, то расход радиационного тепла восполняется притоком тепла от земной поверхности в форме турбулентного теплообмена, а также вследствие конденсации водяного пара в атмосфере. Так как суммарная величина конденсации во всей атмосфере равна количеству выпадающих осадков и величине испарения с земной поверхности, то приход конденсационного тепла в атмосферу численно равен затрате тепла на испарение с поверхности Земли.

Некоторая часть энергии солнечной радиации затрачивается на поддержание общей циркуляции атмосферы и на другие атмосферные процессы, однако эта часть незначительна по сравнению с основными составляющими теплового баланса.

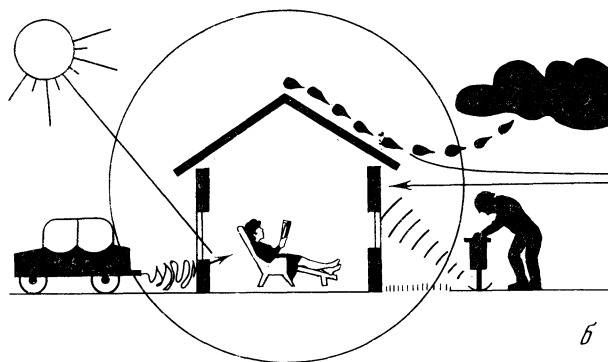
Хотя энергия, расходуемая для поддержания циркуляции в атмосфере и гидросфере, относительно невелика, циркуляционные процессы оказывают огромное влияние на тепловой баланс отдельных районов Земли, перераспределяя большие количества энергии между этими районами. Особенно большое значение для генезиса климата имеет перенос тепла воздушными и морскими течениями в меридиональном направлении от низких широт к высоким.

Радиационный баланс системы «земля — атмосфера», равный нулю для всей Земли, в низких широтах положителен, а в высоких — отрицателен. Соответствующие этому избыток и недостаток энергии компенсируются переносами тепла в атмосфере и гидросфере, которые уменьшают контрасты температур между высокими и низкими широтами. Значительное влияние на климат умеренных и высоких широт оказывает также перенос тепла воздушными течениями в холодное время года с океанов на континенты, а в теплое время — с континентов на океаны.

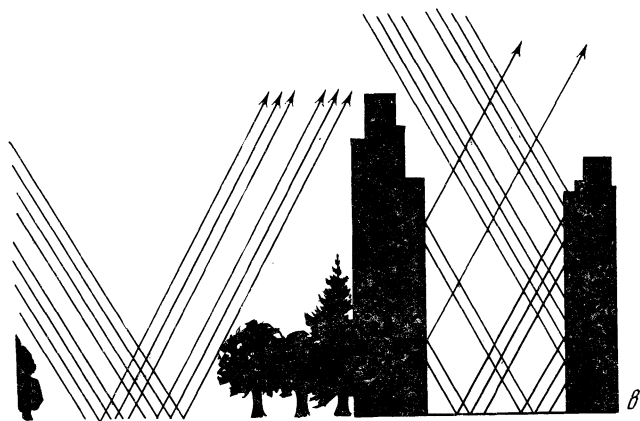
Тепловой баланс Земли существенно зависит от испарения и конденсации, т. е. от влагооборота в атмосфере. Цикл влагооборота включает испарение с океанов и суши, перенос водяного пара в атмосфере, его конденсацию, выпадение осадков и формирование речного стока. Количественные данные о различных формах прихода и расхода воды составляют водные балансы суши, водоемов и атмосферы.



а



б



в

Вокруг каждого здания образуется зона, где резко изменяются элементы климата: температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра и т. д. По-английски такую зону называют «climatological sheath», по-русски, зоной микроклиматического воздействия здания. В этой зоне ветер меняет скорость и направление. Температура воздуха у подветренной стороны фасада, обращенной к Солнцу, может быть значительно выше температуры окружающего пространства (а). Основная цель строительной климатологии — учесть внешние климатические факторы при создании конструкции жилища, в котором должен быть комфортный микроклимат (б). Высокие городские здания, излучая поглощенную ими солнечную радиацию, повышают температуру окружающего воздуха (в).

Если для всего земного шара количество осадков равно суммарному испарению с суши и океанов, то в отдельных географических районах испарение значительно отличается от осадков. При этом испарение с суши обычно меньше суммы осадков: осадки, выпадающие на сушу, частично формируются из водного пара, перенесенного воздушными течениями с поверхности океанов.

В настоящее время существуют мировые карты всех основных составляющих теплового и водного балансов земной поверхности и атмосферы, по которым можно судить о процессах преобразования солнечной энергии в масштабах земного шара.

ТЕОРИЯ КЛИМАТА

Главная цель общей теории климата — определение элементов климата методом физической дедукции на основе учета внешних климатообразующих факторов (радиация, приходящая к земной атмосфере, строение земной поверхности, физический и химический состав атмосферы и гидросферы).

Теперь научная база для работ по теории климата значительно расширилась. В исследованиях используются решения уравнений гидродинамики атмосферы и гидросферы с учетом современных представлений о влиянии на метеорологический режим радиационного переноса тепла и фазовых преобразований воды. Все эти сложные расчеты производят на быстродействующих электронных вычислительных машинах.

В последних работах по теории климата расчетным путем найдены распределения температуры воздуха, давления, ветра, осадков, испарения, турбулентного теплообмена земной поверхности с атмосферой и других элементов климата, которые в ряде случаев удовлетворительно согласуются с данными наблюдений.

Существенной чертой современной теории климата является принципиальная возможность рассчитать не только средние характеристики показателей метеорологического режима, но и их изменчивость во времени.

Хотя громадные трудности, связанные с разработкой полной теории климата, к настоящему времени преодолены только частично, следует признать, что сейчас имеются реальные перспективы для построения такой теории в сравнительно близком будущем.

Исследования теплового баланса Земли и применение методов теории климата раскрывают причины изменений климата в современную эпоху и в геологическом прошлом. Установлено, что современные колебания климата во многом зависят от нестабильной прозрачности атмосферы. Изменение климата в четвертичное время, связанное с развитием крупных оледенений, является результатом общей неустойчивости климатических условий этой эпохи. Тогда малые изменения климатообразующих факторов, например колебания прозрачности атмосферы, могли привести к значительным изменениям в термическом режиме Земли. Равномерно-теплый климат, существовавший на всех широтах в более ранней эпохе, по-видимому, объяснялся более свободной циркуляцией океанических вод между высокими и низкими широтами в дочетвертичное время.

ЧЕЛОВЕК И КЛИМАТ

В настоящее время на климатические условия начинает оказывать влияние деятельность человека, причем это влияние быстро усиливается.

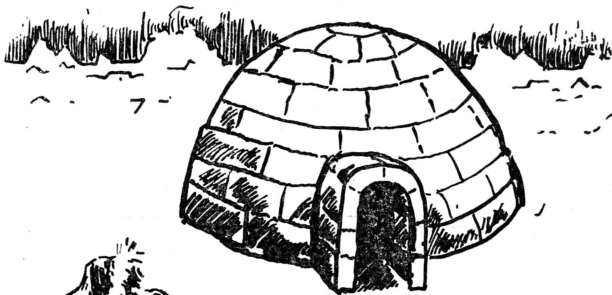
Энергия, вырабатываемая в наиболее развитых промышленных районах, уже не является малой величиной по сравнению с приходящей солнечной энергией. Кли-

матические условия могут также изменяться из-за быстрого роста загрязнения атмосферы пылью индустриального происхождения и в связи с увеличением концентрации углекислоты, поступающей в атмосферу при сжигании угля, нефти и других видов топлива.

Простые расчеты показывают, что в результате дальнейшего роста производства энергии климатические условия на всей планете должны существенно измениться не позже чем через 100—200 лет. Весьма вероятно, что значительно раньше этого срока осуществляются крупные проекты воздействия на климат, которые уже обсуждаются в научной литературе.

Климатические условия оказывают глубокое и часто определяющее влияние на многие природные процессы, а также на жизнь и деятельность человека. Это влияние изучают и климатологи, и специалисты смежных дисциплин. В связи с этим возникли особые разделы науки о климате: биоклиматология растений, животных и человека, медицинская, курортная, сельскохозяйственная, почвенная, строительная климатология.

Исследования влияния климатических факторов на различные природные процессы уделяется большое внимание при разработке многих общих проблем физической географии, связанных с изучением структуры и развития географической среды.



ЗАДАЧИ КЛИМАТОЛОГИИ

Существующая система метеорологических наблюдений во многих отношениях несовершенна. Она не обеспечивает получения достаточно детальных сведений о климатическом режиме над океанами и подробных данных о метеорологических условиях в средних и высоких слоях атмосферы. Поэтому для изучения климата существенно дальнейшее развитие общей системы метеорологических наблюдений, которая должна включать дополнительные средства для морских метеорологических наблюдений (буйковые станции, корабли погоды) и шире использовать наблюдения на искусственных спутниках Земли. Необходимо также расширять программу наблюдений на наземных метеорологических, актинометрических и аэрологических станциях.

Программа актинометрических наблюдений должна расширить «список» наблюдаемых элементов радиационного и теплового балансов земной поверхности. Наряду с этим, важное значение имеет усовершенствование и более широкое применение аэрологических методов измерения потоков радиации в атмосфере.

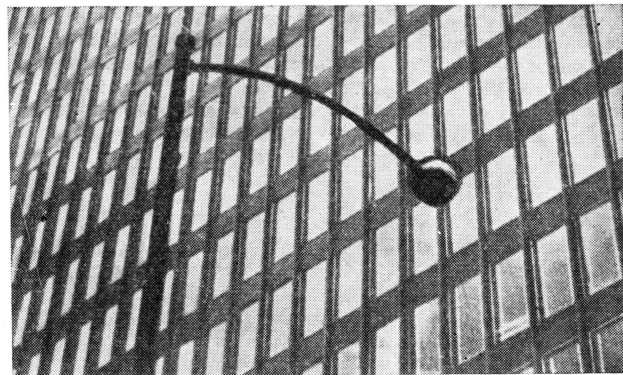
Все перечисленное составляет содержание первой задачи исследований климата.

Вторая задача заключается в реконструкции существующей системы обработки, хранения и распространения сведений о климатическом режиме.

Объем материалов метеорологических наблюдений, используемых в климатологии, весьма велик и чрезвычайно быстро растет. Приведем один пример, иллюстрирующий эту тенденцию. Если первое издание климатического справочника СССР в 30-х годах вышло в двух томах, второе (40-е годы) включало 35 томов, то третье издание (60-е годы) составляли уже 170 томов. Однако в эти издания вошла только малая часть материалов о климатическом режиме, хранящихся в архивах метеорологических учреждений.

Очевидно, что для переработки и распространения столь обширной информации необходимо применение современных быстродействующих вычислительных машин и компактных средств хранения материалов наблюдений.

Третья задача климатических исследований связана с изучением пространственно-временной структуры



Условия жизни человека всегда зависели от климата, и он учитывал его, руководствуясь многовековым опытом. Проблема оптимального микроклимата решалась очень просто в тропиках — открытая хижина (верхний рисунок). Ледяная хижина эскимосов — йглу — тоже решала эту проблему, так как хорошо сохраняла тепло (рисунок в центре). Теперь во всем мире используются фасады из стекла. Они создают комфортный климат и в современных зданиях Стокгольма на 59° с. ш., и в Бразилии — на 15° ю. ш. (нижний снимок)

полей метеорологических элементов. Применение современных статистических методов открывает широкие возможности для изучения закономерностей изменения элементов климата в пространстве и времени. Такие

исследования имеют большое значение для точной интерпретации материалов наблюдений, получаемых на сети метеорологических станций, для обоснования оптимальных систем метеорологических наблюдений и для выяснения общих закономерностей метеорологического режима.

Четвертая задача климатических исследований включает разработку частных проблем теории климата, использующую, наряду с теоретическими методами физики атмосферы, материалы экспериментальных исследований. К числу таких проблем относятся: изучение радиационного режима атмосферы, теплового и водного баланса земной поверхности и атмосферы, циркуляции в атмосфере и гидросфере и другие проблемы.

В процессе решения этих проблем должны быть уточнены, а частично построены заново мировые карты всех элементов климата, характеризующих энергетический режим атмосферы и гидросферы.

Исследования этого направления дают широкие возможности для объяснения закономерностей формирования климата в различных географических районах. Развитие таких исследований значительно облегчает разработку пятой задачи современной климатологии, целью которой является построение общей теории климата, включающей корректный учет всех форм обмена вещества, энергии и количества движения в атмосфере и гидросфере, влияющих на климатические условия. В результате разработки такой теории должно быть получено физическое объяснение основных особенностей современного климатического режима как для его средних показателей, так и для изменчивости элементов климата.

Создание общей теории климата откроет большие перспективы для усовершенствования долгосрочных прогнозов погоды и для решения многих других задач, имеющих существенное научное и практическое значение.

Шестая задача — исследование мезо- и микроклиматических особенностей метеорологического режима, связанных с неоднородностью строения земной поверхности. До недавнего времени такие особенности изучались в основном экспериментальными методами. В последние годы все шире развиваются теоретические

исследования мезо- и микроклимата, основанные на расчетах трансформации воздушных масс, изучении теплового баланса земной поверхности и других методах.

Применение теоретических методов (наряду с обобщением экспериментальных материалов) позволяет строить детальные климатические карты и получить данные об особенностях метеорологического режима для сравнительно небольших территорий, что имеет большое значение для народного хозяйства.

Седьмая задача связана с исследованием влияния климата на различные природные процессы — гидрологические, почвенные, геоморфологические, геоботанические, зоогеографические и другие. Такие исследования занимают все большее место в цикле естественных наук. Для их выполнения организуются обширные экспериментальные исследования как на стационарах, так и в экспедиционных работах. Применяются теоретические методы физики атмосферы, биофизики и других физических наук, что способствует повышению научного уровня указанных исследований и открывает широкие перспективы для изучения физического механизма взаимодействия климата с различными природными процессами.

Восьмая задача — изучение климатов прошлого. Сюда входят эмпирические работы по палеоклиматологии и исследования генезиса климатических условий различных эпох, основанные на методах теории климата. В этих исследованиях используются материалы и методы самых разных научных дисциплин — исторической геологии, палеогеографии, палеонтологии и других. Следует отметить большое значение организации комплексных работ по проблеме изменения климата при участии в них специалистов различного профиля. Работы этого направления будут иметь большое значение для прогресса наук о прошлом Земли, в задачи которых входит изучение минеральных ресурсов нашей планеты.

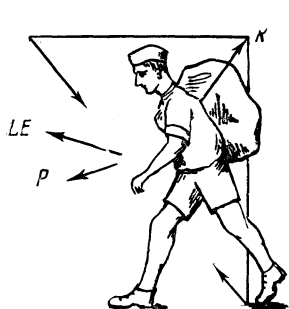
Девятая задача включает исследования влияния климата на деятельность человека. Работы по прикладной климатологии позволяют обеспечить метеорологическими материалами сельское хозяйство, транспорт, промышленность, строительство, связь. В прикладной климатологии для обработки материалов метеорологических наблюдений используется современная техника; выполняются комплексные исследования влияния метеорологических факторов на различные производственные процессы. В настоящее время в большинстве областей прикладной климатологии такие комплексные исследования только начинаются.

К этой же проблеме относится изучение влияния климата на жизнедеятельность и здоровье человека. Такие исследования проводятся в биоклиматологии человека, медицинской и курортной климатологии. При большой практической важности указанной проблемы она долгое время находилась в неблагоприятном положении, так как работы медиков и климатологов были мало связаны между собой.

Десятая задача заключается в изучении влияния деятельности человека на климат. Отмеченная выше важность значительных изменений климата под влиянием промышленности в сравнительно близком будущем заставляет изучать эти изменения, чтобы своевременно их учесть. Здесь важны методы теории климата. Именно они позволяют количественно определять изменения климата, происходящие при изменениях внешних климатообразующих факторов.

В первые годы своего существования климатология была в значительной мере эмпирической и описательной дисциплиной. Сегодня эта область знаний использует достижения точных наук.

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА



$$R + M = LE + P$$

R — радиационный баланс поверхности тела
 LE — затрата тепла на испарение
 P — турбулентный теплообмен поверхности тела с атмосферой
 M — теплопродукция тела

Метод теплового баланса позволяет решить одну из основных задач биоклиматологии — дать объективную, количественную оценку влияния климатических условий на тепловое состояние человека

М. С. ФРОЛОВ

кандидат физико-математических наук

Что такое звезды типа δ Щита?

Переменность блеска звезд типа δ Щита вызвана их радиальными пульсациями. Что общего и что отличает эти звезды от других пульсирующих переменных?

В «Общем каталоге переменных звезд» собраны сведения о самых разнообразных переменных звездах. Однако в первом издании этого каталога (1948 г.) мы не найдем звезд типа δ Щита. Это и неудивительно, ведь переменным типа δ Щита «исполнилось» в 1970 г. всего 13 лет.

В 1957 г. известный английский астроном О. Эгген обнаружил переменные звезды спектрального класса F с короткими периодами (меньше 0,2 суток) и малыми амплитудами изменения блеска (чаще сотые доли звездной величины). Таких звезд оказалось всего пять: DQ Цефея, SS Андромеды, δ Дельфина, ρ Кормы и δ Щита. По предложению Эггена они были названы переменными звездами типа δ Щита. Новый класс переменных звезд вскоре получил права гражданства во втором издании «Общего каталога переменных звезд» (1958 г.).

Интересно, что до 1966 г. были известны лишь те же пять «классических» представителей этих переменных звезд. Вполне можно было усомниться в существовании нового класса переменных. Однако с 1966 г. ситуация резко изменилась: за четыре года открыли несколько десятков таких звезд.

Почему же раньше не открывали переменных типа δ Щита? Объяснение очень простое. Обнаружить переменность этих звезд визуально или по фотографиям практически невозможно, поскольку у них малы амплитуды и периоды изменения блеска. Действительно, экспозиция фотографических пластинок сравнима с длительностью периода этих переменных звезд, а возможная погрешность определения звездных величин как по фотографиям, так и при визуальных оценках превосходит амплитуду переменности блеска для большинства звезд типа δ Щита. Лишь фотоэлектрический способ измерения блеска дал возможность открывать короткопериодические переменные звезды со столь малыми амплитудами изменения блеска.

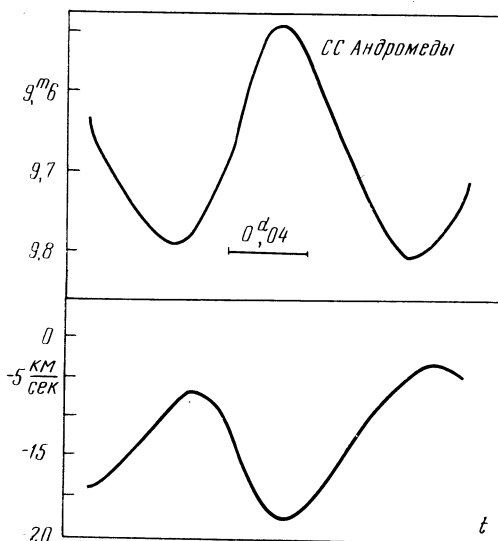
Сколько же звезд типа δ Щита ярче, например, 15-й звездной величины можно ожидать в окрестностях Солнца, доступных наблюдению современным фотоэлектрическим способом? Оценки показывают, что таких звезд должно быть более 1500. Это в два с лишним раза превосходит общее число цефеид, открытых к настоящему времени!

Теперь, когда ясно, что класс переменных звезд типа δ Щита должен быть весьма многочислен, рассмотрим характерные свойства этих звезд.

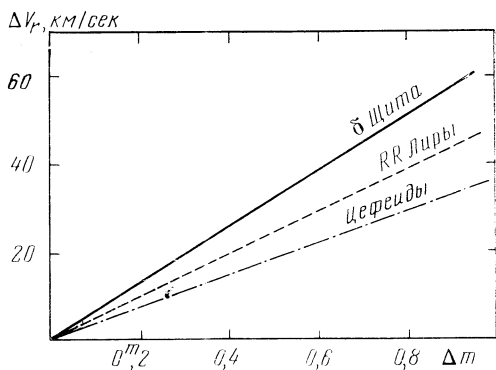
Мы уже отмечали, что амплитуды и периоды изменения блеска звезд типа δ Щита очень малы. Если у це-



Кривые блеска звезды 1 Единорога по наблюдениям 22 октября 1965 г. (слева) и 13 января 1966 г. Амплитуды кривых различаются в 10 раз



Кривые блеска (вверху) и изменения лучевой скорости звезды SS Андромеды. Кривые являются почти зеркальным отображением одна другой



Зависимость между амплитудами изменения лучевой скорости и блеска для пульсирующих переменных звезд: чем больше изменяется лучевая скорость звезды, тем больше и амплитуда блеска

феид и звезд типа RR Лиры * амплитуда обычно составляет одну звездную величину, то у переменных типа δ Щита она равна десятым и даже сотым долям звездной величины. Так, у звезд HR 1223 и HR 7501 ** амплитуда изменения блеска не превышает 0,01, а у звезды СС Андромеды — 0,34 звездной величины.

Наименьший период изменения блеска, равный примерно 50 минутам, зафиксирован у звезды HR 812. Интересно, что период этой переменной самый короткий не только среди звезд типа δ Щита, но и практически среди всех пульсирующих переменных. Наибольший период изменения блеска у самой δ Щита — 4 часа 40 минут.

У переменных звезд типа δ Щита изменяется амплитуда и форма кривой блеска. Это напоминает эффект Блажко, хорошо известный у представителей класса RR Лиры. Но периодичность этих изменений у звезд типа RR Лиры и δ Щита разная: у первых период изменения формы кривой блеска и амплитуды значительно превосходит период основных колебаний блеска, а у вторых — лишь в несколько раз.

Параллельно с изменением блеска у звезд типа δ Щита меняется и лучевая скорость, т. е. скорость приближения или удаления оболочки переменной от наблюдателя, что характерно для пульсирующих звезд. Причем, как и у звезд типа RR Лиры, кривая лучевых скоростей этих переменных является зеркальным отобра-

жением кривой блеска. Следовательно, звезды типа δ Щита — пульсирующие, но с меньшим, чем у звезд типа RR Лиры, размахом колебаний. Амплитуды изменения лучевых скоростей звезд типа δ Щита заключены в пределах от 2—3 до 27 км/сек. Это меньше, чем у цефеид, и значительно меньше, чем у звезд типа RR Лиры. Подобно цефеидам и звездам типа RR Лиры, у переменных типа δ Щита амплитуда блеска тем больше, чем больше меняется лучевая скорость звезды.

Многие (если не все) переменные типа δ Щита — тесные двойные звезды. Двойственность их обнаруживается лишь по поведению спектральных линий. В 1900 г. была открыта двойственность δ Щита, в 1957 г. — ρ Кормы, в 1964 г. — δ Дельфина. Таким образом, из пяти «классических» представителей этих переменных звезд у трех нашли близкий спутник. Две другие «классические» звезды — DQ Цефея и СС Андромеды — наиболее слабые среди всех известных в настоящее время переменных типа δ Щита, и неудивительно, что их двойственность до сих пор не установлена. Поэтому можно смело утверждать, что наличие близкого спутника характерно для переменных звезд типа δ Щита. Из «новых» звезд этого типа двойными оказались HR 1706 и β Кассиопеи.

По спектральному классу и показателю цвета звезды типа δ Щита также похожи на переменные типа RR Лиры, но светимости их в среднем меньше, чем у звезд класса RR Лиры. Как те, так и другие переменные являются гигантами или субгигантами, однако среди звезд типа δ Щита есть и карлики главной последовательности.

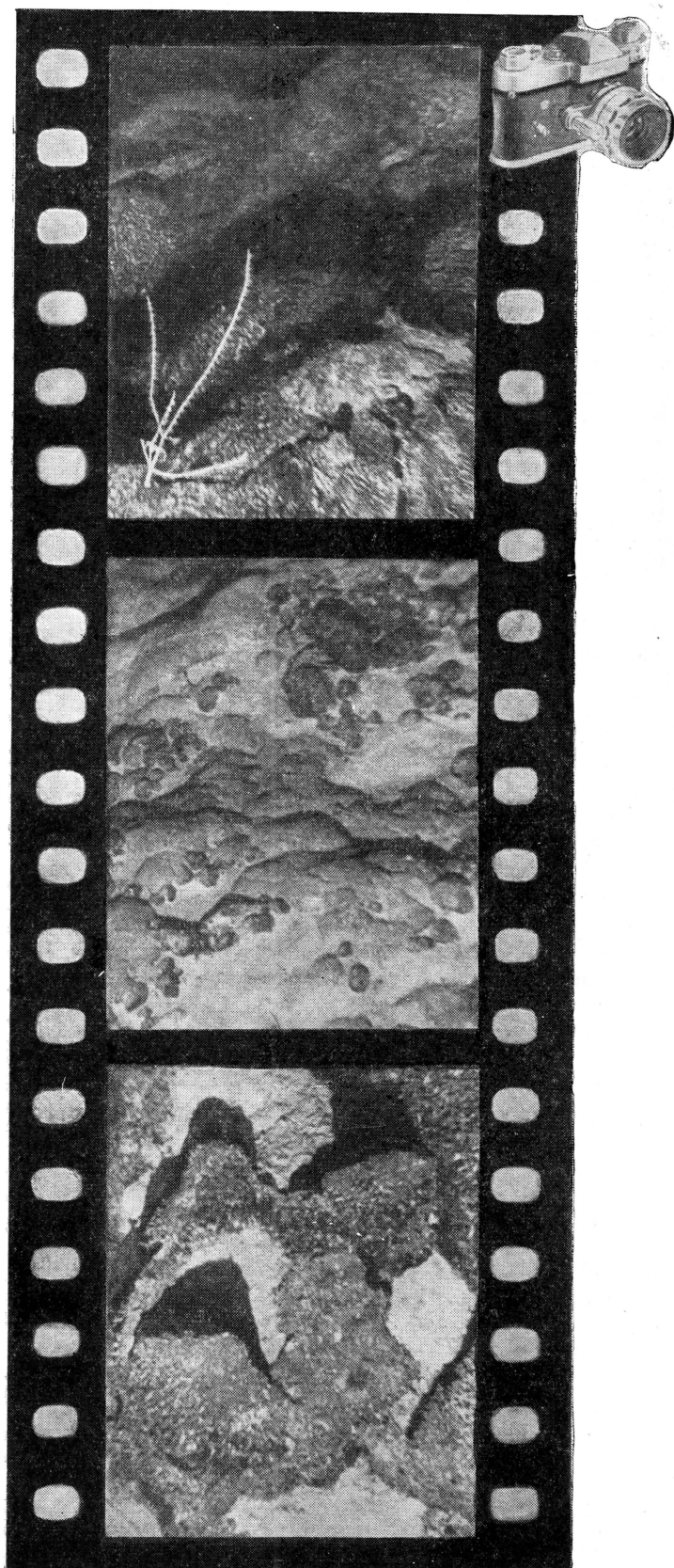
Единодушия в решении вопроса о массах звезд типа δ Щита у исследователей пока нет. Массы этих звезд оценивают по спектральным характеристикам, привлекая некоторые теоретические соображения. Наиболее вероятно, что масса звезд типа δ Щита составляет 1,5—2 солнечных. Таким образом, они в несколько раз массивнее звезд типа RR Лиры, массы которых, согласно современным представлениям, примерно вдвое меньше солнечной.

Возраст звезд типа δ Щита сравнительно невелик. Это подтверждает открытие нескольких подобных переменных в рассеянных звездных скоплениях. В таких скоплениях, как известно, встречаются только молодые звезды. В рассеянных скоплениях есть цефеиды, но нет звезд типа RR Лиры — типичных представителей шаровых звездных скоплений, в состав которых входят только старые звезды. О молодости переменных типа δ Щита свидетельствуют и характеристики их движения в пространстве.

Переменные типа δ Щита отличаются от звезд типа RR Лиры и цефеид скоростью осевого вращения. Ни одна цефеида или звезда типа RR Лиры не вращается вокруг оси со скоростью, превышающей 20 км/сек. Среди переменных типа δ Щита встречаются звезды со скоростями вращения 10—20 км/сек, а также 100 км/сек и более. Интересно, что как раз звезды с большими скоростями осевого вращения имеют наименьшие амплитуды изменения блеска. Не исключено, что в дальнейшем выявятся и другие различия и обнаружится неоднородность происхождения и эволюционного пути представителей этого интересного класса пульсирующих звезд, как это уже случилось с цефеидами и звездами типа RR Лиры.

* Подробнее о других пульсирующих переменных — цефеидах и звездах типа RR Лиры — см. «Земля и Вселенная», № 3, стр. 81; № 5, стр. 86 за 1969 г. и № 3, стр. 46 за 1970 г. (Прим. ред.)

** Здесь и далее звезды обозначены соответствующим номером по Каталогу ярких звезд — Harvard Revised Photometry.



В. Ф. БАНДЕН
кандидат географических
наук
Н. Л. ЗЕНКЕВИЧ

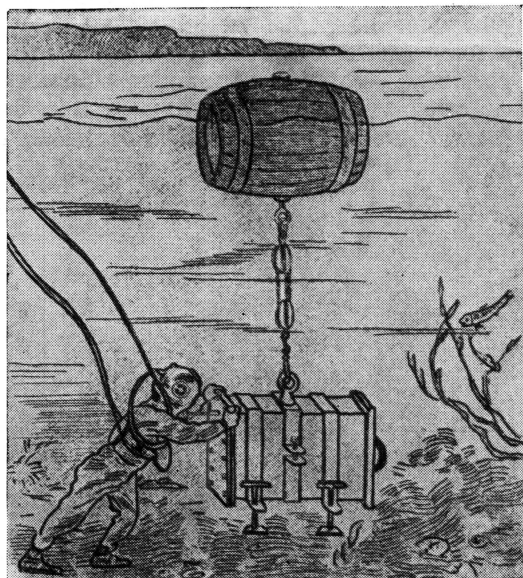
Фотоглаз в глубинах океана

Обычные методы изучения морского дна (эхометрическая съемка, составление батиметрических и физиографических карт) помогли освоить подводный макрорельеф: высокие горы, глубочайшие впадины и подводные хребты. Однако о микро-рельефе — мелких неровностях размером от сантиметров до нескольких метров — может «поведать» только фотокамера.

На кадрах сверху вниз: вершина подводной горы, на переднем плане — веточка рогового коралла горгонария, глубина 1650 м; склон подводной горы, на поверхности скал образовалась железо-марганцевая корка, глубина 2600 м; вершина глубоководного холма, в понижениях между скалами — пятна рыхлых осадков, глубина 4800 м



Французская миниатюра XIV в. Художник изобразил греческого полководца Александра Македонского на морском дне в специальном стеклянном колоколе. Александр Македонский облачен в одежды французского короля, что, вероятно, не смущало современников художника. Легенды приписывают греческому полководцу спуск под воду на глубину 90 м



Луи Бутан фотографирует дно подводной камерой (рисунок конца XIX в.)

Погружения в морские глубины для наблюдений за жизнью таинственной и недоступной всегда манили человека. Древние легенды, старинные гравюры и рисунки рассказывают об упорных попытках заглянуть в неведомый подводный мир. Известно, что Александр Македонский спускался на морское дно в специальном стеклянном колоколе. В IV в. н. э. Вегеций описывает кожаные водолазные шлемы с воздушными трубками. Множество проектов различных скафандров появилось в эпоху Возрождения. Несколько эскизов подводных лодок и снаряжения для подводных пловцов сделал Леонардо да Винчи. Нет нужды перечислять все этапы развития подводных исследований до сегодняшних батискафов. Каждый новый подводный аппарат и погружение в нем приносили новые сведения о строении морского дна.

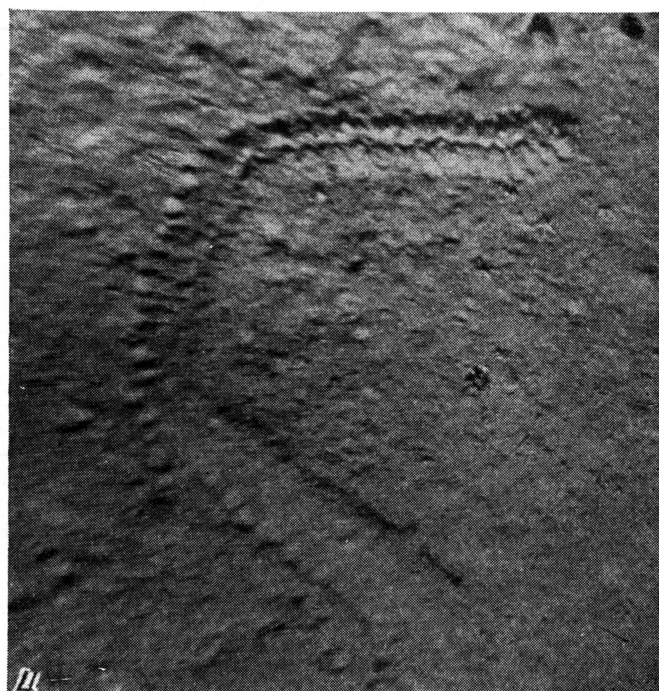
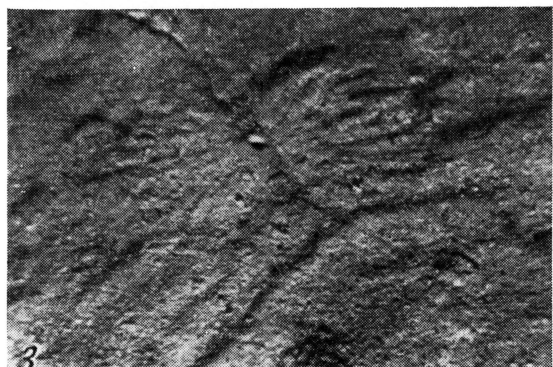
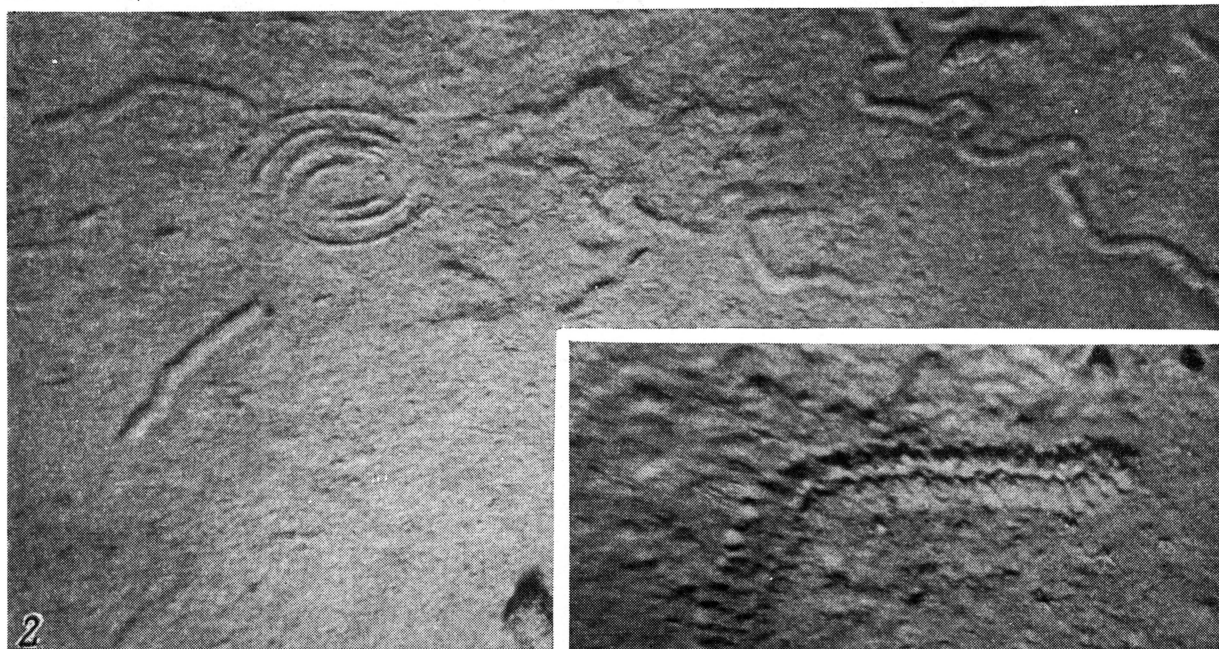
Однако современные батискафы сложны и дороги. И всегда остается доля риска для акванавта. Кроме того исследователей моря интересуют не только крупные формы рельефа, создававшиеся в течение длительных геологических эпох, но и тончайший рисунок поверхности океанического ложа, мелкие неровности — микро-рельеф, который формируют современные рельефообразующие процессы.

Изучение микро-рельефа только начинается, и оно полностью обязано подводной фотографии. Сегодня фотокамера может доставить на борт судна и на рабочий стол исследователя снимки дна практически с любых глубин океана. Снимки обычные, цветные, стереоскопические.

Подводная фотографическая техника еще молода. Первую подводную камеру сконструировал французский ученый Луи Бутан в 1893 г. В 30-е годы нашего века появились малогабаритные аппараты, которые легко помещались в водонепроницаемые корпуса. Началось массовое увлечение подводной фотографией. И ученые, и фотографы-спортсмены с портативной камерой в легких водолазных костюмах или без них бесстрашно опускались под воду, чтобы запечатлеть на пленке морское дно. Океанологи понимали, какие богатые возможности обещает подводная фотография, и во многих научно-исследовательских институтах стали появляться достаточно сложные подводные фотокамеры для съемок на больших глубинах.

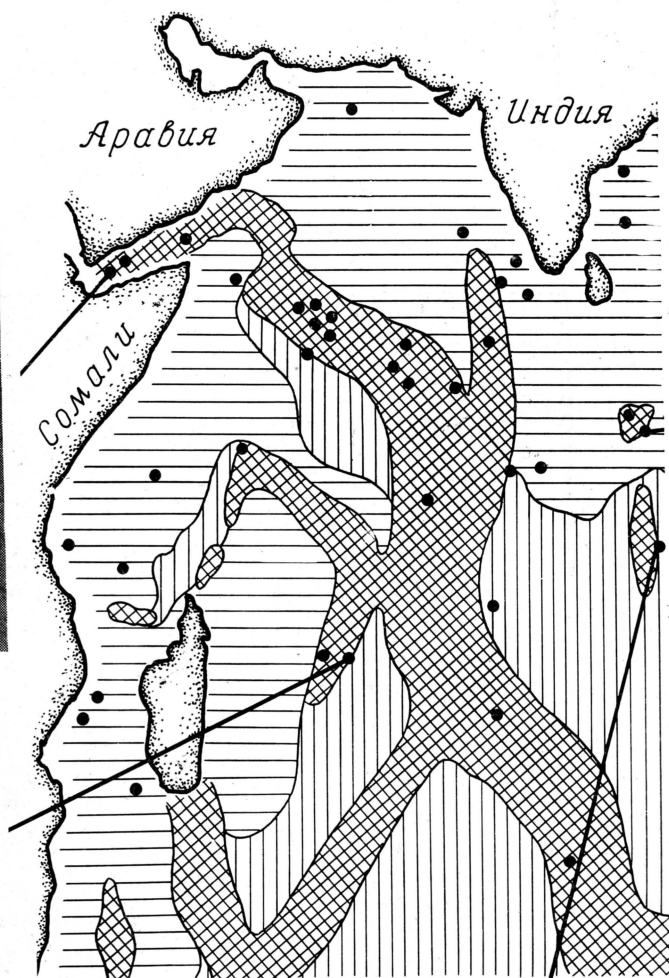
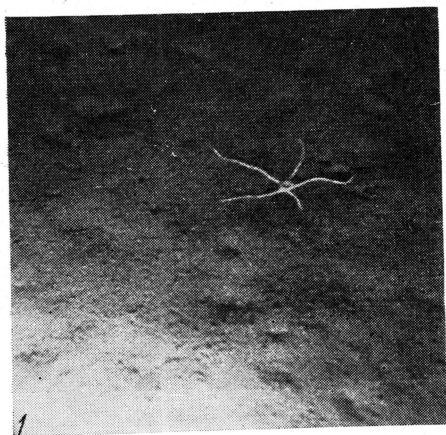
В нашей стране первые глубоководные снимки были получены с борта прославленного исследовательского судна «Витязь» фотокамерой, созданной в Институте океанологии имени П. П. Ширшова. И первые же результаты — пока единичные снимки — превзошли все ожидания. Оказалось, что на больших глубинах дно океана имеет совершенно другой облик, чем предполагалось ранее.

Изучая тысячи фотографий морского дна — неопровержимые и достоверные данные о жизни глубин — исследователи теперь отказываются от некоторых привычных понятий. Долгое время считалось, что воды океана наиболее подвижны лишь в верхнем слое не глубже 200—300 м. Но полученные снимки микро-рельефа опрокинули это представление. Многочисленные,



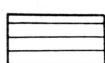
Следы жизни на дне океана. 1 — Широкие и узкие борозды и холмики, созданные ползающими и роющими донными организмами. Глубина 4000 м. 2 — Извивающиеся и спиральные валики, образованные при движении животного под поверхностью дна. Глубина 3420 м. 3 — Большое количество самых разнообразных следов ползающей и роющей донной фауны. В верхней части снимка — нора с радиальными бороздками. Глубина 2660 м. 4 — Загадочный след неизвестного ползающего животного. След обрывается: либо животное всплыло, либо зарылось в грунт. Глубина 5000 м

*Схема типов
глубоководного
микрорельефа
Индийского океана*



1 — На илистом дне хорошо видны многочисленные следы деятельности животных. Справа — крупная морская звезда-офиура. Глубина 1000 м. 2 — Знаки ряби на поверхности подводного хребта. Глубина 278 м. 3 — Среди железо-марганцевых конкреций на илистом дне приютилась веточка рогово-

• Места фотографирования дна



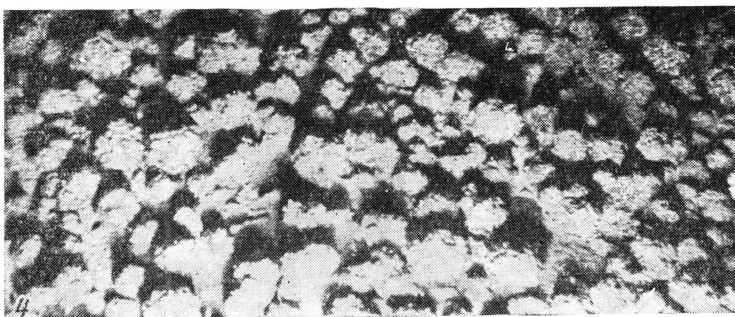
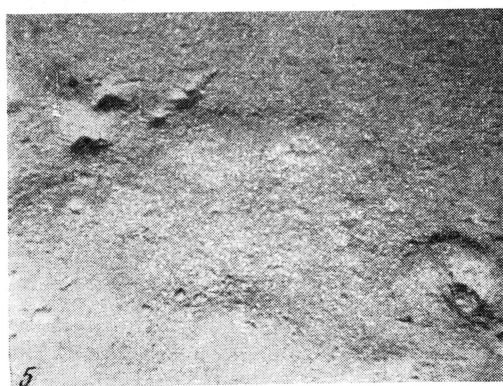
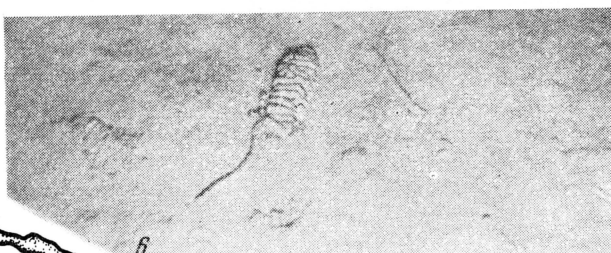
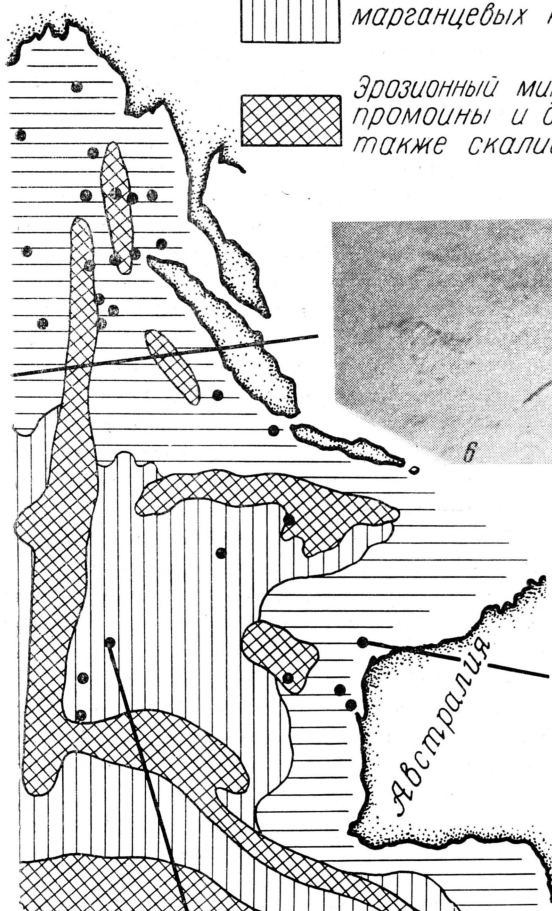
Биогенный микрорельеф — мелкие неровности дна, созданные животными



Хемогенный микрорельеф — поля железо-марганцевых конкреций на холмистом дне



Эрозионный микрорельеф — знаки ряби, промоины и другие формы рельефа, а также скалистые участки на поверхности хребтов



го коралла. Глубина 5546 м. 4 — «Булыжная мостовая» из железо-марганцевых конкреций. Глубина 4585 м. 5 — Норы и холмики — постройки донных животных. Глубина 1101 м. 6 — Фекалии, оставленные животными-илоседами. Глубина 4904 м



упорядоченные «знаки ряби» свидетельствуют о сильных придонных течениях, формирующих эрозионный микрорельеф. Кроме того, на многих снимках заметны промоины в осадках, борозды, отложения ила в виде «хвостов», вытянутых по направлению течения. Можно видеть и косвенные признаки сильных течений: обнаженные скалы, изгиб веточек донных животных и их ориентация.

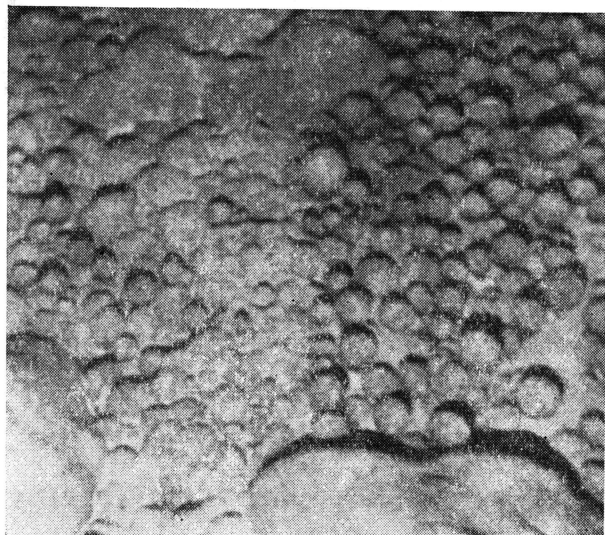
Изучая подводные фотографии, исследователи узнали много неожиданного (и многое еще не разгадали) о жизни глубин. Оказалось, что на мягких осадках повсюду встречаются многочисленные борозды, углубления, холмики, гряды и норы. Это — биогенный микрорельеф. Илистый грунт «записывает» все моменты жизни донного животного. За деятельностью организмов, живущих в грунте, можно проследить по выпуклым, извилистым или спиральным следам, невысоким валикам, напоминающим ходы кротов. Но сами животные почти никогда не попадают в поле зрения фотокамеры. Почему? В центральных районах океана скорость осадконакопления чрезвычайно мала: за 1000 лет на дне осаждается всего несколько миллиметров ила. Так что след, оставленный животным, может сохраняться в течение многих сотен лет. Некоторые следы, заметные на дне, столь необычны и причудливы, что остается приписать их неизвестным животным.

Геологи при наземных изысканиях обнаруживают в осадочных породах следы ископаемой фауны, похожие на современные, которые мы видим на снимках океанического дна. Сравнение этих следов поможет установить условия образования горных пород и связанных с ними месторождений полезных ископаемых.

Изучение следов глубоководных донных организмов, разгадка их происхождения — одна из интереснейших задач, поставленных подводной фотографией. Однако есть и другие, не менее интересные.

Уже первые океанографические экспедиции середины XIX в. обнаружили в глубоководных осадках океанических котловин удивительные образования черно-бурого цвета. Их называли железомарганцевыми конкрециями. Эти своеобразные стяжения или желваки концентрического строения, подобно луковице или кочану капусты, образуются вокруг небольших ядер — кусочков базальта, зубов акул, слуховых косточек китообразных и т. д. Конкреции бывают самой разнообразной формы: овальные, шаровидные, почковидные, плоские. Их размеры от 1 до 20 см и более. Чаще всего конкреции похожи на картофель средней величины. Благодаря си-

Микрорельеф, формируемый придонными течениями. 1 — Знаки ряби на вершине крупной подводной горы. Справа — голова и часть туловища довольно крупной рыбы, плывущей против течения. Глубина 1950 м. 2 — Промоины в осадке вокруг камней на вершине подводного хребта. Глубина 2400 м. 3 — Крупные знаки ряби на дне глубоководного желоба, образованные суспензионными (мутьевыми) потоками. Глубина 5378 м



стематическому фотографированию стало известно, что железо-марганцевые конкреции занимают огромные пространства ложа океана, создавая особый тип микрорельефа — хемогенный. Располагаются они в основном на поверхности осадка — на красных глубоководных глинах. Иногда конкреций бывает так много, что дно напоминает старую булыжную мостовую.

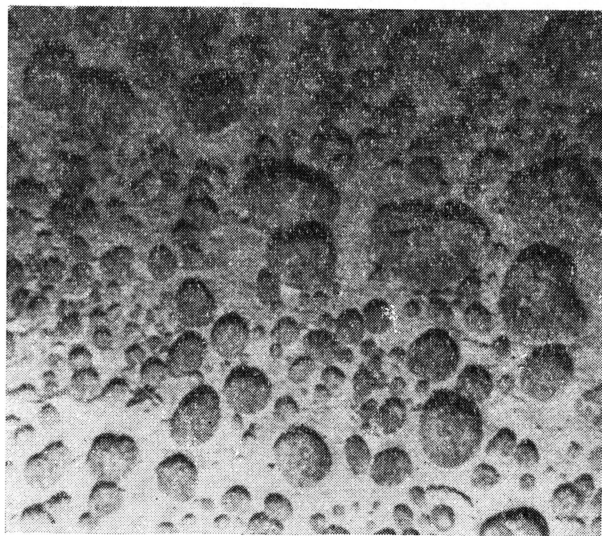
Происхождение конкреций до сих пор не совсем ясно. Большинство специалистов полагают, что в образовании конкреций существенны коллоидно-химические процессы и реакции осаждения железа, марганца и других элементов из морской воды. Конкреции — это богатая марганцевая руда с большим содержанием меди, никеля и кобальта. Их запасы на дне колоссальны. Сейчас разрабатывается методика массового сбора океанических конкреций для промышленного использования.

В настоящее время изучению микрорельефа уделяется самое пристальное внимание. Так, в нескольких рейсах «Витязя» было проведено фотографирование дна северной части Индийского океана. Было получено много интересных снимков, имеющих большую научную ценность и позволивших составить схему распределения типов микрорельефа дна Индийского океана. На схеме выделены: равнины, поверхность которых изобилует следами жизнедеятельности донных организмов; холмистое дно с полями железо-марганцевых конкреций и выходами скал, покрытых железо-марганцевой коркой; подводные хребты с обнаженными скалами. В редких понижениях между скалами можно встретить пятна рыхлых осадков.

Биогенный микрорельеф преобладает на периферии океана, куда с материков поступает много взвешенного материала, включая и органический (источник питания придонных животных).

Хемогенный микрорельеф преобладает в центральных районах океана, куда осадочного материала поступает мало. Эрозионный микрорельеф чаще встречается на вершинах срединно-океанических и других крупных подводных хребтов. Здесь сильные течения препятствуют отложению осадочного материала, и он опускается глубже, в более спокойные участки океана.

Мы рассказали о том, как подводная фотография помогает выявить закономерности в распределении различных типов микрорельефа океанического дна, наглядно демонстрирует большое разнообразие и роль современных рельефообразующих процессов, а также показывает, как много неразгаданных явлений, происходящих в глубинах океана, предстоит еще изучать геологам, биологам, гидрологам и другим специалистам.



Железо-марганцевые конкреции. 1 — Россыпи шаровидных железо-марганцевых конкреций на вершине холма. Глубина 4500 м. 2 — Различные по форме и размерам конкреции у подножия глубоководного холма. Глубина 4900 м. 3 — Конкреции разбросаны на илистом дне. Глубина 5080 м

К. И. ЧУРЮМОВ

Новая комета семейства Юпитера

Комету, о которой мы расскажем, открыли молодые киевские астрономы Клим Чурюмов и Светлана Герасименко. Они окончили Киевский государственный университет. К. Чурюмов — сотрудник кафедры астрономии университета, а С. Герасименко — аспирантка этой кафедры. Профессор С. К. Всехсвятский воспитал их страстными, одержимыми «кометчиками». Сейчас они с увлечением изучают открытую ими комету.



С. И. Герасименко и К. И. Чурюмов

Фото О. Попова

От других тел солнечной системы кометы отличаются своим необычным видом. Двигаясь в поле тяжести Солнца, они «разоблачают» себя протяженными туманными оболочками — газо-пылевыми атмосферами и хвостами, направленными в противоположную сторону от Солнца. Развитие протяженных атмосфер и хвостов из небольших ядер свидетельствует об активном взаимодействии вещества кометных ядер с межпланетной средой, заполненной фотонным и корпускулярным излучением Солнца. Это дало основание профессору С. К. Всехсвятскому назвать кометы естественными индикаторами солнечной активности и физических условий в межпланетном пространстве.

Интерес к кометам как естественным космическим зондам растет. Дело в том, что кометы «бороздят» межпланетное пространство на больших (несколько десятков астрономических единиц) и малых (около 1 млн км) расстояниях от Солнца, а также, практически, на любых гелиографических широтах, что пока недоступно для искусственных космических зондов.

Чем раньше комета станет объектом наблюдений, тем больше сведений мы получим о взаимодействии ее с межпланетной плазмой. Поэтому очень актуальны систематические наблюдения известных периодических комет и поиски новых.

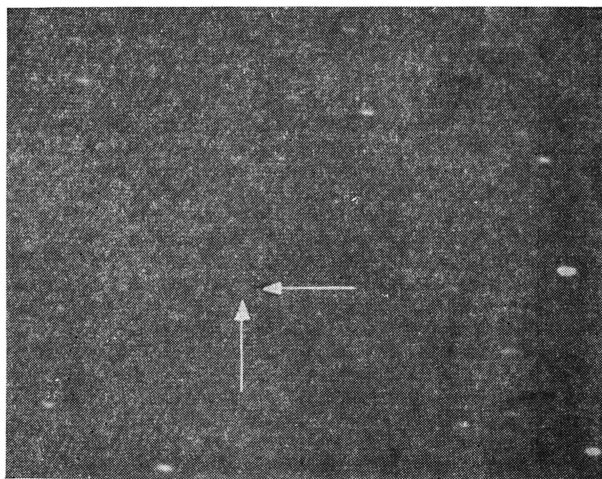
С 1966 г. кафедра астрономии Киевского государственного университета регулярно направляет в южные районы Советского Союза кометные экспедиции. Были организованы уже три экспедиции. Во время первых двух мы вели фотографические и визуальные наблюдения периодических комет и поиски новых. Однако нам не везло: новые кометы открывали японцы, американцы, австралийцы, но только не мы. Как показывает статистика, даже при определенном навыке и хорошем знании звездного неба необходимо наблюдать в течение 200—250 часов, чтобы обнаружить новую комету. А продолжительность наших непрерывных наблюдений лишь приближалась к этому рубежу.

В августе 1969 г. на обсерватории Астрофизического института АН КазССР начала работу третья кометная экспедиция. Алма-атинская обсерватория оснащена светосильными телескопами, и на одном из них — 50-сантиметровом телескопе системы Максутова — мы проводили фотографические наблюдения трех периодических комет (Фая, Комас-Сола и Хонда — Мркоса — Пайдушковой), а также двух новых комет (Когоутека 1969 *b* и Фуджикава 1969 *d*). Почти все кометы были настолько слабыми, что в гид их увидеть не удавалось. Телескоп гидировался по звездам, причем выбранная для этой цели звезда перемещалась в поле зрения гида с угловой скоростью кометы, но в противоположную сторону.

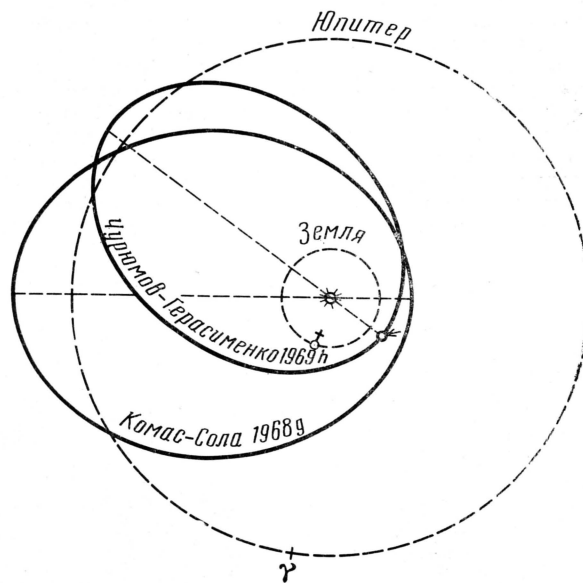
Поиски новых комет велись с астрономическим бинокляром «Асемби» и светосильной камерой Шмидта, установленной на высокогорной корональной станции Астрофизического института. При обзоре неба мы наибольшее внимание уделяли созвездиям, расположенным на угловом расстоянии 30—40° от Солнца, т. е. в утренней и вечерней зонах. Как показал американский ученый Э. Эверхарт, именно в этих зонах чаще открывают кометы.

Все негативы, которые были получены на камере Шмидта и менисковом телескопе, сразу же просматривались. Правда, слишком напряженный график наблюдений не позволил нам тщательно обработать фотоматериалы. Казалось, что и на этот раз не удастся открыть новую комету. Но уже в Киеве при детальном анализе фотоматериалов мы «лицом к лицу» столкнулись с новой кометой, да еще с короткопериодической!

22 октября участница экспедиции С. И. Герасименко и я стали просматривать пластинки с короткопериодической кометой Комас-Сола, которая была открыта в 1926 г. и уже шестой раз наблюдалась астрономами. Почти в центре одной из пластинок, полученной 11 сентября 1969 г., я отметил комету примерно 13-й звездной



На этой фотографии впервые была обнаружена новая комета Чурюмова — Герасименко (комета отмечена стрелками). Фотография получена 11 сентября 1969 г. на 50-сантиметровом менисковом телескопе



Орбиты короткопериодических комет Чурюмова — Герасименко и Комас-Сола в проекции на плоскость эклиптики. Отмечено положение Земли и кометы Чурюмова — Герасименко на 11 сентября 1969 г. Элементы эллиптической орбиты кометы Чурюмова — Герасименко (по вычислениям В. Марсдена): момент прохождения через перигелий 1969 сентябрь 11,029 по эфемеридному времени; перигелийное расстояние 1,28483 а. е.; большая полуось 3,50094 а. е.; эксцентриситет 0,63301; период обращения вокруг Солнца 6,55 года; наклон плоскости орбиты 7°,145; долгота восходящего узла 50°,353; угловое расстояние перигелия от восходящего узла 11°,192

величины. Но что такое? Координаты кометы не сходятся с эфемеридой, вычисленной для кометы Комас-Сола, по крайней мере на 2° по склонению. Для кометы, движение которой хорошо изучено, отклонение довольно сильное. Ошибка в эфемериде? — Нет, другие источники подтверждают правильность эфемериды, опубликованной в «Кометном циркуляре», которым мы пользовались. Более того, эфемерида оказалась настолько хорошей, что в рассчитанном месте пластинки мы нашли еще одну комету примерно 15-й величины, но с заметной комой и узким прямолинейным хвостом I типа. Вот это — действительно комета Комас-Сола. Тогда что же за кометоподобный объект, обнаруженный нами вначале? Другая комета с собственным движением, подобным движению кометы Комас-Сола? Вероятнее всего так. Ведь если бы объект был внегалактической туманностью, то его изображение (как и изображения звезд) при гидрировании вытянулось бы в направлении движения кометы. Но, возможно, это дефект эмульсии?

С волнением просматриваем все 12 пластинок, где сфотографирована комета Комас-Сола. Еще на четырех (две за 9 сентября и две за 21 сентября) находим тот же самый кометоподобный объект. Хорошо заметно его перемещение относительно звезд. Сомнений больше не оставалось: обнаруженный объект — комета! Но какая комета — новая или периодическая, наблюдавшаяся в прошлом, но ставшая настолько слабой, что астрономы потеряли ее и нашли тогда, когда под действием активного Солнца блеск ее сильно возрос и комета «вспыхнула»?

Перевернули каталоги, просмотрели эфемериды всех периодических комет на 1969 г. Таких координат не оказалось ни у одной из них. Значит, мы первыми увидели до сих пор никому не известную комету и держим в руках ее первые «визитные карточки»!

Да, но где она находится сейчас? Ведь с момента последнего наблюдения прошел месяц. А за это время блеск кометы, если она приближалась к Солнцу, мог увеличиться на 2—3 звездные величины. Кроме того, под действием солнечных корпускулярных потоков комета могла вспыхнуть еще на 2—3 величины. Возможно, сейчас она достигла 6—8 величины и ее можно легко открыть с помощью простых визуальных средств. Нужно

быстро перемерить все пластинки, рассчитать приближенные координаты кометы и сообщить о ее открытии.

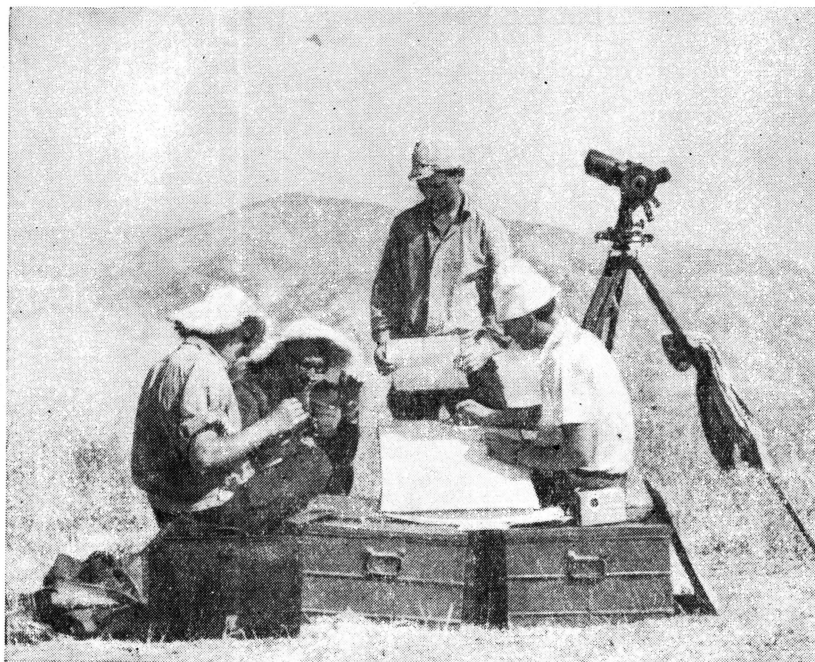
Утром 23 октября измерения были закончены. Профессор С. К. Всехсвятский просмотрел все пластинки с новой кометой, проверил расчеты и первым поздравил нас с открытием.

Сообщение об открытии было послано в Центральное бюро астрономических телеграмм доктору Б. Марсдену (Кембридж, США). В телеграмме содержались моменты наблюдений кометы; экваториальные координаты (прямое восхождение и склонение), приведенные к эпохе 1950.0; интегральная звездная величина и характеристика внешнего вида. Такие же телеграммы были одновременно отправлены во Всесоюзное бюро астрономических сообщений (Москва), в Институт теоретической астрономии (Ленинград), а также в астрофизические институты Алма-Аты и Душанбе.

Через несколько дней доктор Б. Марсден сообщил, что открытие зарегистрировано: новой комете даны имена первооткрывателей — Чурюмова и Герасименко — и номер 1969 *h*. Из Института теоретической астрономии М. Я. Шмакова прислала рассчитанную ею эфемериду и первичные элементы параболической орбиты новой кометы.

Б. Марсден на основании наших измерений рассчитал четыре варианта эфемерид для параболических и два варианта эфемерид для эллиптических орбит. Он сразу предположил, что комета, вероятнее всего, движется по одной из эллиптических орбит с периодом около 7 лет. Теперь, после более месячного перерыва, астрономы могли отыскать комету.

И вот первое сообщение: 31 октября новую комету наблюдал К. Сквилл (США). Кроме того, ее обнаружил Дж. Бортл на пластинках с кометой Комас-Сола, полученных Сквиллом 14 сентября. Затем поступили сообщения о наблюдениях кометы от Э. Рёмера (США), Т. Секи (Япония), Б. Миле (Франция), Ван Бисбрука (США) и А. Мркоса (ЧССР). В Советском Союзе комету наблюдали на Бюраканской астрофизической обсерватории С. К. Всехсвятский, В. А. Липовецкий и В. Л. Афанасьев, в Крымской астрофизической обсерватории — Н. С. Черныш и Б. А. Бурнашева, а в Алма-Ате — С. И. Герасименко.



Участники первой кометной экспедиции на горе Санглок (Таджикская ССР). Слева направо: В. И. Иванчук, Г. А. Рубо, К. И. Чурюмов, Д. А. Андриенко

Фото А. Белого, 1966 г.



Один из пиков Заилийского Алатау, сфотографированный безлунной ночью на камере Шмидта. Такая камера за двухминутную экспозицию может запечатлеть звезды 15-й величины. От столь слабых звезд света приходит в 500 000 раз меньше, чем от обыкновенной свечи, находящейся на расстоянии около 1 км

На большинстве пластинок комета имеет вид диффузного объекта с резким центральным сгущением — ядром. У нее узкий прямолинейный хвост I типа (по Бредихину), длиной около 6 млн. км. В сентябре комета была 12, в ноябре 13—14, а по некоторым оценкам — не слабее 12,5 звездной величины.

Согласно нашим измерениям, абсолютная величина кометы, т. е. величина кометы при условии, что она удалена от Земли и Солнца на 1 а.е., составляет 11,53 звездной величины, а ядра — 14,5. Мы оценили радиус ядра (1,2 км) и его объем ($7 \cdot 10^{15}$ см³). Если плотность вещества ядра около 3 г/см³, то его масса равна примерно $2,1 \cdot 10^9$ т.

Первые же наблюдения показали, что движение кометы хорошо следует эфемериде для одной из эллиптических орбит, рассчитанной Б. Марсденом. Последние наблюдения подтвердили это. Направление движения кометы по орбите, так же как и у планет, — прямое. Комета — 75-й член семейства короткопериодических комет Юпитера.

Новая комета 1969 h продолжает свой полет в косми-

ческом пространстве. Она все дальше и дальше уходит от Солнца и Земли и в середине 1970 г. стала недосыгаемой даже для светосильных телескопов. Комета была открыта вблизи звезды ζ Близнецов. Затем из созвездия Близнецов комета перешла в созвездие Рака и далее в созвездие Льва. В январе 1970 г. она находилась около звезды β Льва (Денеболы). Тут, с точки зрения земных наблюдателей, она сделала поворот и начала двигаться на запад. Так она перемещалась почти до середины апреля, а потом Земля начала обгонять комету при своем движении по орбите. Все время, пока комета была доступна для наблюдений, она располагалась в созвездии Льва.

По точным положениям кометы, определенным в течение всего периода наблюдений, был рассчитан окончательный вариант ее эллиптической орбиты с учетом возмущений от планет. На элементах этой орбиты будут основываться эфемериды, по которым можно снова найти комету, когда она приблизится к Солнцу и Земле. Это произойдет в 1975 г. Будем ждать свою комету!



ПЕРВОЕ НАБЛЮДЕНИЕ ЭФФЕКТА ЭЙНШТЕЙНА

А. Эйнштейн, создавая общую теорию относительности (ОТО), опасался, что она станет чисто математической, оторванной от наблюдений. Поэтому он большое значение придавал ее экспериментальной проверке: «Было бы крайне желательным, чтобы астрономы заинтересовались поставленным здесь вопросом даже и в том случае, если бы предыдущие рассуждения казались недостаточно обоснованными или фантастическими»*.

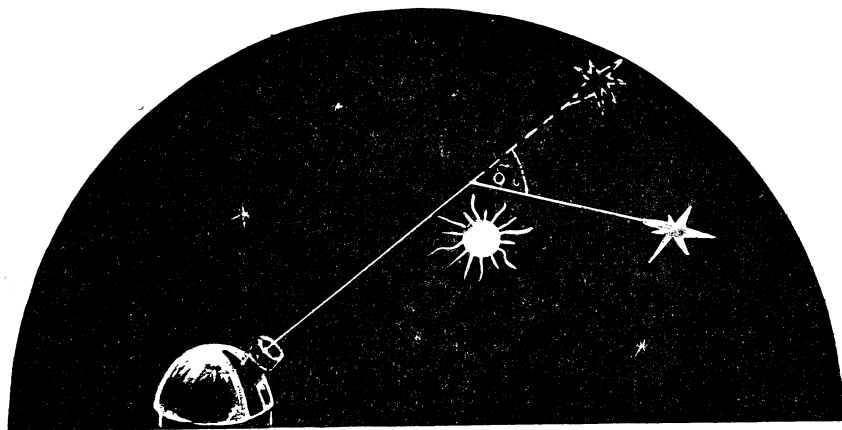
Известны три эффекта, которые могут быть проверены астрономическим путем: движение перигелиев планет, гравитационное смещение частоты и отклонение светового луча. Недавно был указан четвертый способ проверки ОТО, основанный на радиолокации планет. Мы рассмотрим лишь один из эффектов — отклонение луча света в гравитационном поле массивных тел. Следует отметить, что для обнаружения этого эффекта требуются исключительно точные измерения.

Из работы А. Эйнштейна «Основы общей теории относительности» следует, что величина отклонения луча света в гравитационном поле Солнца составляет:

$$\delta r = A/r,$$

где A — постоянная величина, равная $1'',75$, а r — угловое расстояние от центра Солнца до луча, выражаемое в радиусах Солнца. Очевидно, что максимальным смещением обладает звезда, траектория луча которой касается поверхности Солнца: $r = 1$ и $\delta r = 1'',75$.

Проверка этого эффекта проводилась только во время полных солнечных затмений. Астрономы измеряли δr и r , потом вычисляли значение A и сравнивали его с теоретическим. Впервые такие наблюдения были выполнены более 50 лет назад — 29 мая 1919 г. В этот день произошло солнечное затмение, которое оказалось очень благоприятным для наблюдения эффекта Эйнштейна: Солнце было видно на фоне ярких звезд скопления Гиад.



Луч света, идущий от звезды, вблизи Солнца искривляется. Наблюдатель увидит звезду смещенной относительно истинного ее положения на величину δr

Затмение наблюдали две английские экспедиции: в Собрале (Северная Бразилия) и на острове Принсипе, у берегов Западной Африки. На Принсипе было сделано 16 снимков, но лишь на одном из них оказалось достаточно хорошее изображение пяти звезд. Сравнив этот снимок с фотографией того же участка неба, сделанной в Англии в январе 1919 г., астрономы вычислили относительные смещения звезд. Величина A оказалась равной $1'',61 \pm 0'',30$.

Экспедиция, работавшая в Бразилии, собрала более обширный материал. Астрономам удалось определить точное положение семи звезд, две из которых находились на расстоянии двух солнечных радиусов от центра Солнца. Для величины A было получено значение $1'',98 \pm 0'',12$. В дальнейшем, когда учли поправки, связанные с условиями, в которых получали фотографии, значение A увеличилось до $2'',07 \pm 0'',13$.

Таким образом, во время затмения 1919 г. было доказано существование радиальных смещений у звезд, но полученные результаты не позволили уверенно определить величину этого смещения и тем более проверить закон $\delta r = \text{const}/r$. Как показал академик А. А. Михай-

лов, данные наблюдений могут достаточно хорошо описываться не только формулой $\delta r = \text{const}/r$, но и линейной зависимостью вида: $\delta r = -0'',208 r \pm 1'',37$. Метод корреляции позволил проанализировать достоверность этих двух возможностей. Расчеты указывают, что линейная зависимость лучше отвечает данным наблюдений, так как в этом случае коэффициент корреляции ближе к 1 (чем ближе коэффициент корреляции к 1, тем больше зависимость δr от r).

Проверка эффекта Эйнштейна проводилась и во время полных затмений 1922, 1929, 1936, 1947 и 1952 гг. Полученные значения постоянной A на десятки доли секунды отличались от теоретического. К сожалению, эти результаты все же не могут считаться окончательными и по-прежнему нуждается в подтверждении математическая зависимость смещения звезд с увеличением их расстояния от Солнца. Вероятно, только последующие наблюдения позволят сделать более уверенные выводы, причем сейчас в Йельском университете (США) разрабатывается метод измерения отклонения светового луча гравитационным полем Солнца вне затмений.

Е. Ю. ДАНИЛЕВСКАЯ

* А. Эйнштейн. Собр. научн. трудов, т. I, Изд-во «Наука», 1965 г., стр. 176.

Д. Ю. ГОЛЬДОВСКИЙ

Планы США по исследованию планет с помощью космических аппаратов

Планы США по исследованию планет на 70-е годы неоднократно пересматривались и, по-видимому, еще не раз подвергнутся изменениям. Ниже излагаются планы в том виде, в каком они «выкристаллизовались» ко времени представления в Конгресс проекта бюджета Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства на 1971 финансовый год.

Президент США Р. Никсон 7 марта 1970 г. в своем заявлении о перспективах развития американской космической программы сказал: «В предстоящем десятилетии мы запустим непилотируемые аппараты ко всем планетам солнечной системы». Каковы же конкретные перспективы в этой области?

МАРС

Американцы составили две программы исследования Марса: «Маринер» и «Викинг». Первая программа предусматривает вывод двух автоматических космических аппаратов «Маринер» на ареоцентрические орбиты. Запустить аппараты предполагают в мае 1971 г., сближение с Марсом произойдет в октябре — ноябре того же года (год великого противостояния). Аппараты должны вести картографическую съемку Марса, исследовать поверхность планеты, определять газовый состав, температуру, давление и плотность атмосферы, регистрировать космическое излучение в околопланетном пространстве. Продолжительность работы аппаратов на ареоцентрических орбитах не менее трех месяцев. За это время предполагают исследовать суточные и сезонные изменения поверхности Марса.

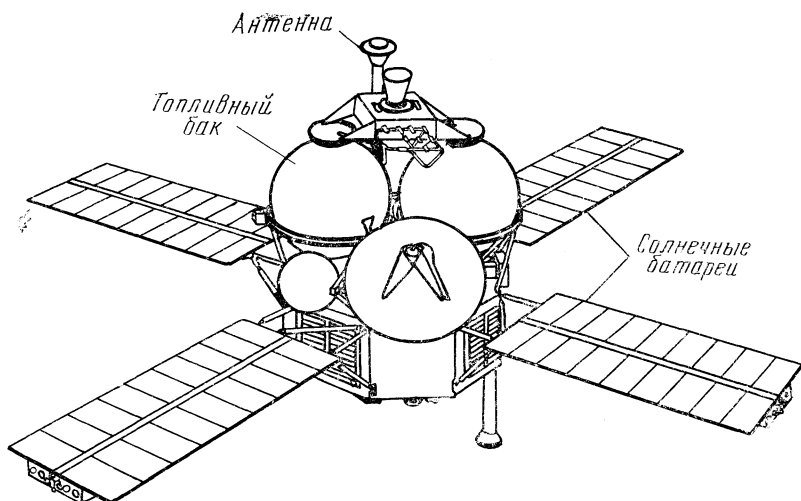
Вторая программа предусматривает вывод на орбиты вокруг Марса двух автоматических космических аппаратов «Викинг», состоящих из орбитального и посадочного блоков. Последний отделяется, сходит с орбиты, тормозится с помощью лобового экрана, парашюта и двигателей, затем совершает посадку. Первоначально полеты аппаратов «Викинг» были намечены на 1973 г., но в связи с финансовыми затруднениями их отложили на 1975 г.

Орбитальные блоки «Викингов» и аппараты «Маринер» конструктивно аналогичны и предназначены для выполнения одних и тех же задач. Посадочный блок снабжен приборами для измерения параметров атмосферы на участке спуска и после посадки, для механического и химического анализа грунта, а также для биологических исследований. Орбитальный блок рассчитан для работы в течение года, а посадочный — до трех месяцев на поверхности Марса.

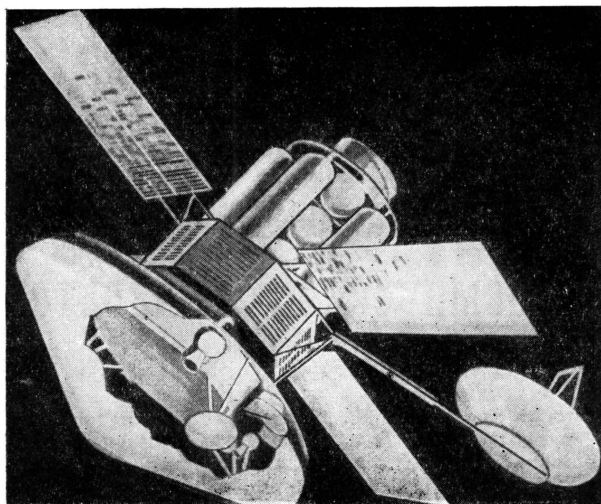
В стадии поисковых исследований находятся тяжелые марсианские аппараты, способные доставить на планету комплексную автоматическую биологическую лабораторию.

ВЕНЕРА

Венере в американской космической программе уделяется меньше внимания. Так, зондирование Венеры в 1967 г. «Маринером-5» удалось провести только потому, что остался неиспользованным космический аппарат,



Проект космического аппарата «Маринер»



Проект космического аппарата «Викинг»

предназначавшийся для исследования Марса в 1965 г. На 70-е годы пока утверждена только одна программа, предусматривающая изучение Венеры, да и то лишь «попутно» (на пути к Меркурию) аппаратом «Меркурий».

Рассматриваются проекты аппаратов для исследования Венеры: выводимые на орбиты вокруг планеты, со-

вершающие мягкую посадку на Венеру и «дрейфующие» в плотной атмосфере планеты. Многие ученые считают, что создание дрейфующих зондов-аэростатов — одна из первоочередных задач космической техники.

МЕРКУРИЙ

В 1973 г. должны запустить «Меркурий» для исследования самой близкой к Солнцу планеты с пролетной траектории. Траектория полета аппарата к Меркурию должна пройти на расстоянии 4 000—6 700 км от Венеры. При этом преследуется двойная цель: во-первых, будет проведено зондирование Венеры; во-вторых, под влиянием притяжения Венеры аппарат направится к Меркурию. Аппарат должен облететь Меркурий на расстоянии примерно 3 000 км, сфотографировать поверхность планеты, определить ее термические характеристики, провести поиски атмосферы, магнитного поля и пояса радиации. Рассматривается вопрос об установке на аппарате отделяемого зонда для сбрасывания на Меркурий.

ЮПИТЕР

Предполагается исследовать не только ближние планеты, но и дальние, в первую очередь Юпитер. Пока утверждены два полета к Юпитеру. В 1972 г. космический аппарат «Пионер-10» * должен «прорваться» через пояс астероидов между орбитами Марса и Юпитера, пройти на расстоянии 150 000—500 000 км от Юпитера, произвести съемку и зондирование планеты. Полет до планеты продлится около 600 суток. Еще один аппарат «Пионер» предполагается запустить к Юпитеру в 1973 г.

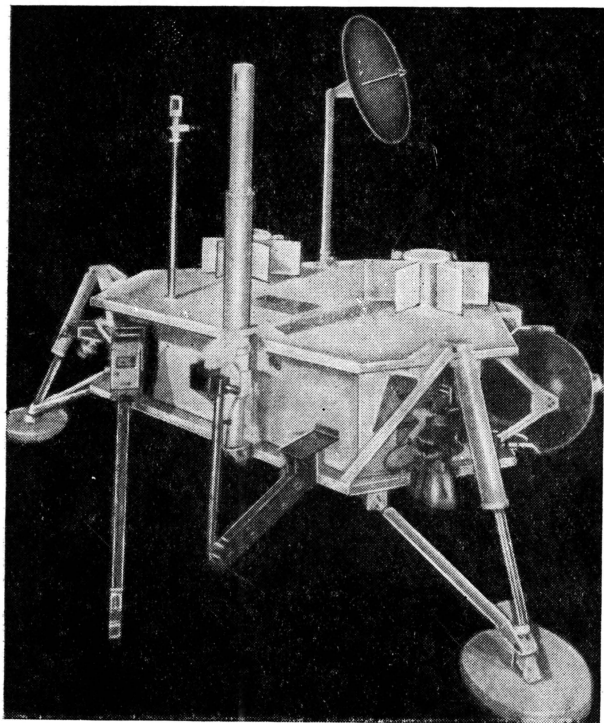
ДРУГИЕ ДАЛЬНИЕ ПЛАНЕТЫ

В 1980-х годах взаимное расположение дальних планет будет весьма благоприятным для последовательного пролета одного аппарата около нескольких планет с использованием пертурбационных маневров, в первую очередь, у Юпитера. Проекты таких полетов рассматриваются в рамках программы «Большой тур» **. Разрабатываются несколько вариантов межпланетного «турне»: Юпитер — Уран — Нептун, Юпитер — Сатурн — Плутон и даже Юпитер — Сатурн — Уран — Нептун. Такие полеты, безусловно, дали бы чрезвычайно много для науки, но обойдутся они недешево: от нескольких сот миллионов до нескольких миллиардов долларов. Если в 1980-х годах благоприятное расположение планет использовано не будет, то следующее подобное «турне» по нескольким дальним планетам может состояться только через 100 — 200 лет.

Таковы планы. Будущее покажет, какие из них удастся осуществить.

МАРСИАНСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ

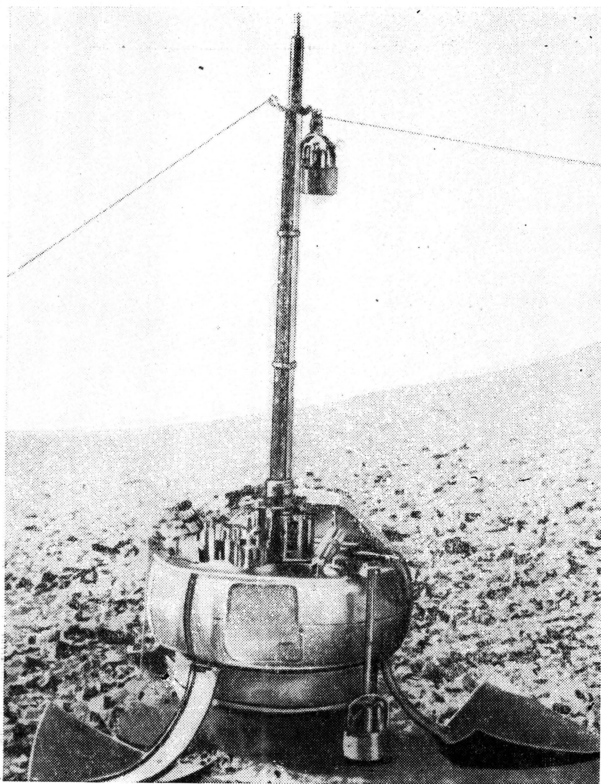
В уже упоминавшемся заявлении Никсона говорится, что при исследовании планет с помощью непилотируемых аппаратов «не следует забывать о большой, но более отдаленной по времени задаче — полете людей для исследования Марса». Никаких даже приблизительных сроков осуществления марсианской экспедиции последнее время в американской печати не называют, хотя всего год назад «космические ковбои» (по выражению



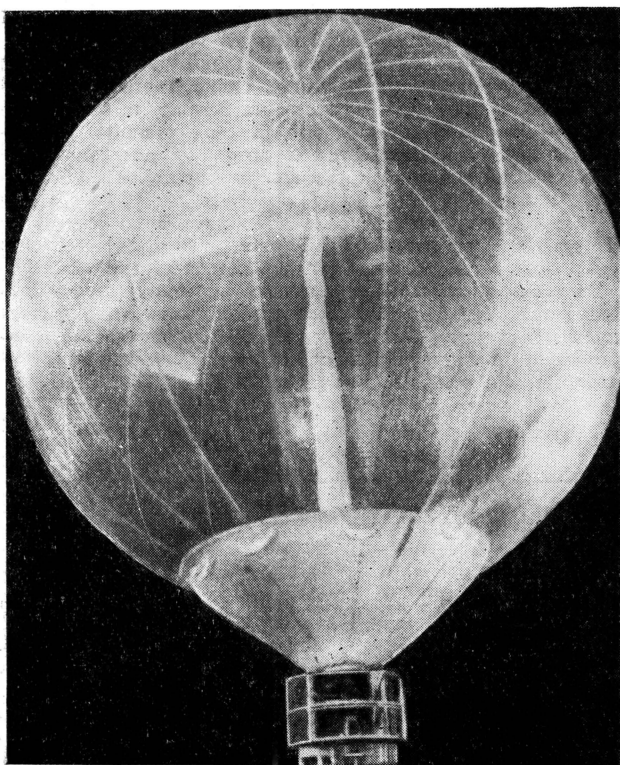
Проект посадочного блока аппарата «Викинг»

* См. «Земля и Вселенная», № 3, 1970 г., стр. 24.

** См. «Земля и Вселенная», № 2, 1970 г., стр. 20.



Автоматическая биологическая лаборатория для исследований на Марсе



английского журнала «Nature») предлагали организовать такую экспедицию в 1986, 1983 и даже в 1981 гг.

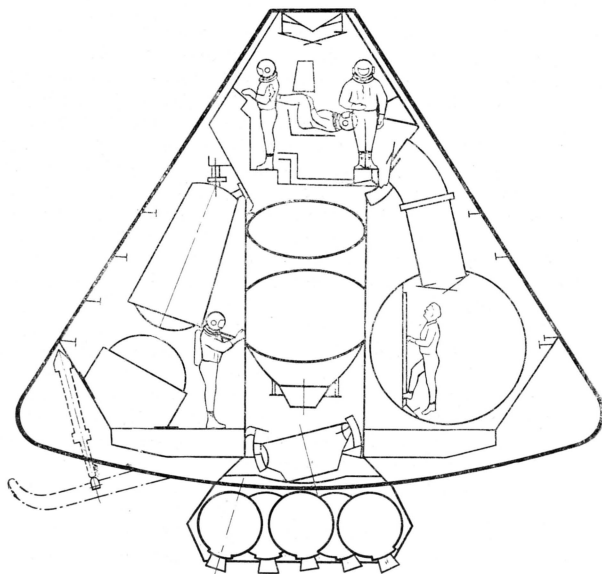
Пока имеются только весьма предварительные проекты этой экспедиции. Предполагают, что к Марсу одновременно отправятся два пилотируемых корабля (экипаж каждого шесть человек). Корабли совершат парный полет. Возможно, между ними будет гибкая или жесткая связь. И если системе из двух кораблей вращать относительно общего центра масс, в кораблях появится искусственная сила тяжести. Это очень важно, поскольку пребывание в состоянии невесомости в течение многих месяцев полета может вредно отразиться на здоровье космонавтов.

В случае аварии одного из кораблей экипаж его сумеет перебраться во второй, исправный корабль и в нем продолжать полет. Другого способа спасения космонавтов из потерпевшего аварию марсианского корабля нет. Это — не искусственный спутник, который можно вернуть через несколько часов, как «Джеминай-8», и даже не лунный корабль, который можно вернуть через несколько суток, как «Аполлон-13». А спасательный корабль с Земли будет добираться несколько месяцев.

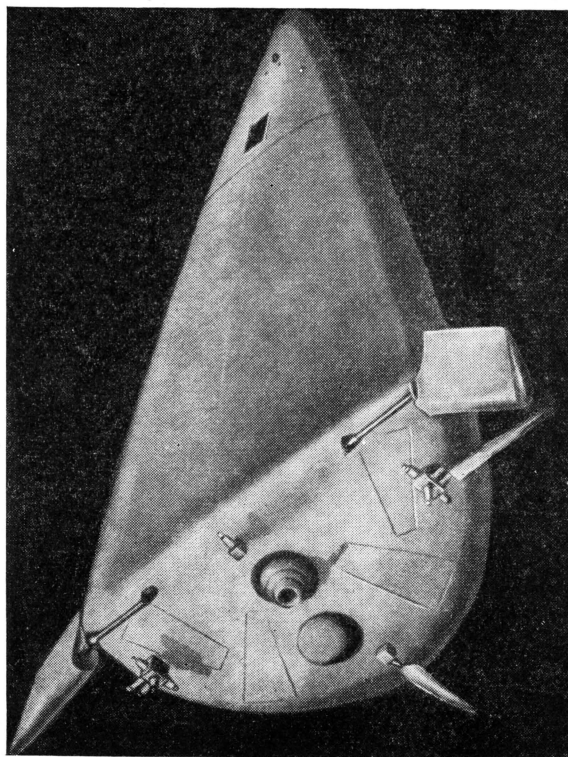
Первоначально корабли выводятся на околоземную орбиту, где к ним пристыковывают три ракетных блока, снабженных ядерными двигателями. Созданию ядерных двигателей придает особое значение: современные ракетные блоки, снабженные двигателями, работающими на химическом (твердом или жидком) топливе, не имеют достаточно высоких энергетических характеристик, чтобы обеспечить полет корабля к Марсу и возвращение его на Землю. Два ракетных блока, на которых установлены ядерные двигатели, переводят корабль с третьим ракетным блоком на траекторию полета к Марсу. Затем они отделяются и, используя остаток топлива, возвращаются на околоземную орбиту. Здесь эти блоки могут быть дополнительно заправлены и использованы повторно. Третий ракетный блок обеспечивает перевод корабля с пролетной траектории на орбиту вокруг Марса (так называемая ареоцентрическая орбита), а по окончании программы исследований Марса — перевод с ареоцентрической орбиты на траекторию полета к Земле.

Корабли, обращающиеся на ареоцентрической орбите, сбрасывают автоматические исследовательские зонды. Некоторые из этих зондов доставляют на корабль образцы грунта и другого материала для анализа. По окончании разведывательных полетов автоматических зондов на Марс опускается посадочный аппарат с космонавтами. Этот аппарат отделяется от марсианского корабля, как лунная кабина отделяется от корабля «Аполлон», совершающего полет по окололунной орбите. Одни проекты предусматривают одновременно посадку на Марс двух аппаратов, отделившихся от обоих кораблей, другие — посадку одного аппарата, в то время как посадочный аппарат второго корабля служит запасным или «подстраховочным» на случай возникновения каких-либо аварийных ситуаций. Посадочные аппараты трехместные или шестиместные. В них имеется самоходная установка («марсоход») для передвижения по поверхности планеты, приборы для изучения гравитационного и магнитного полей Марса, сейсмической активности планеты, установка для бурения, а также для анализа геологических образцов. Экспедиция будет искать признаки жизни на Марсе, хотя, по мнению американских ученых, надежда найти жизнь в тех пустынных районах, где высадится первая экспедиция, очень мала.

Модель сбрасываемого с космического аппарата зонда-аэростата



Проект посадочного аппарата марсианского корабля (схема и рисунок)



Космонавты должны вести поиски воды и других природных ресурсов, которые могли бы использоваться для обеспечения будущей марсианской научной станции. Возможно, космонавты доставят на Марс земных животных или какие-либо другие формы жизни, чтобы исследовать возможность их выживания в марсианских условиях.

Посадочный аппарат, как и лунная кабина корабля «Аполлон», состоит из посадочной и взлетной ступеней. Посадочная ступень останется на Марсе и будет служить стартовым столом для взлетной ступени, которая доставит космонавтов на корабль, обращающийся по ареоцентрической орбите.

Корабль с помощью ракетного блока переходит с этой орбиты на траекторию полета к Земле, причем, если позволит взаимное положение планет, траектория возвращения на Землю пройдет около Венеры. Этим

можно воспользоваться, чтобы исследовать планету с помощью сбрасываемых зондов. Кроме того, притяжение Венеры поможет изменить параметры траектории корабля и обеспечить наиболее благоприятные условия сближения с Землей. Корабль на Землю не возвращается — он причаливает к орбитальной станции. Космонавты здесь высаживаются, а потом их доставляют на Землю транспортным космическим кораблем «каботажного плавания».

По различным оценкам такой полет будет стоить от 25 до 100 млрд. долларов. Оправдан ли полет человека на Марс? Может быть, более целесообразно исследовать планету с помощью автоматических аппаратов? Безусловно, марсианской экспедиции должны предшествовать полеты на Марс автоматических аппаратов, и только на основе полученной от них информации можно будет решить, нужна ли экспедиция.

НОВЫЕ КНИГИ

НАБЛЮДАТЕЛЯМ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД

Член-корреспондент АН УССР профессор В. П. Цесевич опубликовал книгу «Переменные звезды и способы их исследования» (изд-во «Педаго-

гика», 1970), рассчитанную на любителей астрономии, старшеклассников и студентов, преподавателей высшей и средней школы.

Книга содержит краткую характеристику различных типов звезд, изменяющих свой блеск (затменно-двойные, вспыхивающие, пульсирующие,

взрывающиеся), описание методов наблюдений (визуальных, фотографических, фотоэлектрических) и способов их обработки, справочный материал для наблюдателей (каталог избранных переменных звезд, карты окрестностей и звездные величины звезд сравнения).



ПОЛЕТ «АПОЛЛОНА-13»

Программа «Аполлона-13» предусматривала высадку на Луну третьей экспедиции в районе кратера Фра Мауро, где предполагали найти выбросы глубинных лунных пород, появившиеся при образовании кратера Коперник и Моря Дождей. Но выполнить интересную и насыщенную программу не удалось.

Неприятности начались еще до старта. Опасность заражения красной кровью одного из членов экипажа заставила руководителей полета заметить его дублером.

11 апреля 1970 г. «Аполлон-13» стартовал с экипажем в составе командира корабля Джеймса Ловелла, совершавшего свой четвертый полет в космос, дублера Джона Суиджера и Фреда Хейса, летевших в космос впервые. На участке выведения преждевременно выключился один из пяти двигателей второй ступени. Однако остальные двигатели сумели компенсировать недобор скорости, и корабль вышел на траекторию полета к Луне, близкую к расчетной. Затем двое суток все шло нормально. И вдруг...

14 апреля, 6 часов 15 минут — внезапный «хлопок» — взрыв бачка с кислородом в двигателем отсеке.

6 часов 45 минут — в отсеке экипажа начало падать давление кислорода.

7 часов 59 минут — центр управления сообщает, что системы двигательного отсека, обеспечивающие электроэнергией, кислородом и водой, смогут работать всего лишь 15 минут. Двум космонавтам приказали перейти в лунную кабину и включить имеющиеся там бортовые системы, которым вплоть до сближения с Землей предстояло обеспечивать космонавтов электроэнергией, кислородом и водой. Лунная кабина стала исполнять несвойственную роль «спасательной шлюпки», потому что был практически «мертв» двигательный отсек, который должен был питать корабль на трассе полета к Луне, у Луны и на трассе возвращения к Земле.

Два космонавта перешли в двухместную лунную кабину, а третий остался в отсеке экипажа, куда через открытый люк поступал кислород из лунной кабины. Космонавтам пришлось чрезвычайно экономно расходовать ресурсы своей «спасательной шлюпки». Они сидели в темноте и холоде, испытывали не-

достаток в воде. Когда в корабле стала опасно увеличиваться концентрация углекислого газа, космонавты с помощью подручных средств (шланги от скафандров, липкая лента, пластиковые мешочки, картонка от обложки боржурнала) сумели подключить к системам лунной кабины поглотитель углекислого газа, находившийся в отсеке экипажа.

8 часов 13 минут — объявлено, что высадка на Луну отменяется, корабль облетит Луну и после этого будет переведен на траекторию возвращения к Земле.

16 апреля — ночью сорвало, предохранительный клапан на бачке с жидким гелием, который используется для подачи топлива в двигатель посадочной ступени. В результате утечки гелия корабль начал вращаться, что, в частности, затруднило радиосвязь с Землей. Весь мир с напряжением и тревогой следил за последним этапом трудного полета.

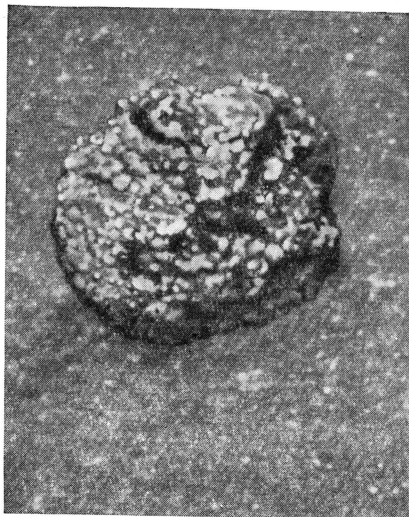
Советский Союз и ряд других стран выразили готовность оказать содействие в спасении американских космонавтов. В район приводнения было направлено четыре советских судна.

17 апреля «Аполлон-13» благополучно приводнился в юго-западной части Тихого океана, где его ожидали суда поисково-спасательной службы. Во время всего полета много мужества, самообладания, находчивости и изобретательности проявили космонавты и наземные службы.

Председатель Президиума Верховного Совета СССР Н. В. Подгорный, обращаясь к Президенту США Р. Никсону, выразил искреннюю радость в связи с благополучным возвращением на Землю экипажа космического корабля «Аполлон-13» и просил передать отважным космонавтам наилучшие пожелания.

ЗАГАДКА СТЕКЛЯННЫХ ШАРИКОВ

Космонавт Армстронг, фотографируя стереокамерой лунную поверхность, заметил, что в углублениях грунта сверкают стеклянные шарики. Ученых заинтересовало их происхождение. Астроном Т. Голд высказал неожиданное предположение. Возможно, что Луна, — заявил он, — была опалена длившейся в течение 10—100 секунд аномальной гигантской вспышкой на Солнце. Маленькие кратеры-углубления могли служить естественными тепловыми ловушками. В них как бы зафиксиро-



В углублениях лунного грунта, как маленькие зеркала, сверкают стеклянные шарики

ровался эффект этого колоссального взрыва, превышающего, по подсчетам Голда, в 100 раз среднее излучение Солнца. Причиной такого взрыва могло быть, например, столкновение Солнца с большой кометой. Спорно? — Безусловно!

Сохранность стеклянных сфер, несмотря на непрерывную бомбардировку лунной поверхности микрометеоритами, как полагает Голд, свидетельствует, что это событие произошло сравнительно недавно, не более 30 000 лет назад. Оно, по мнению Голда, не оставило сколь-нибудь заметного следа на облике нашей планеты: энергия ультрафиолетовых лучей была поглощена земной атмосферой, однако некоторое количество атмосферного гелия могло быть унесено взрывом.

Автор этой гипотезы привлекает ее для объяснения некоторых загадочных явлений, наблюдаемых на других планетах. Голд допускает даже, что ближайшая к Солнцу сторона Меркурия покрылась сплошной спекшейся коркой. Путешествие на Меркурий — перспектива слишком отдаленная, и Голд пытается подкрепить свои весьма смелые построения некоторыми результатами полета космического корабля «Аполлон-12». Стеклянные шарики были обнаружены и в районе прилунения лунной кабины «Аполлона-12». По мнению Голда, это обстоятельство служит подтверждением того, что аномальная вспышка на Солнце действительно была.

«Science», 10, 1969.

И. Ф. БОЛГОВ
кандидат технических наук

Сооружения движутся

Среди многих задач, стоящих перед геодезией, можно назвать и задачу непрерывного наблюдения за большими строительными комплексами. Высотные здания, крупные гидротехнические сооружения испытывают незаметные на глаз сдвиги и оседания. В результате происходят разрывы фундаментов, наклоны, образуются трещины.

18 октября 1913 г. в Канаде произошло нечто неожиданное: громадный элеватор емкостью 27 000 т после первой засыпки зерном наклонился и стал проваливаться в грунт. Угол наклона достиг 27° , причем одна сторона сооружения осела на 3 м, а другая — на 1,5 м. И все это — за 24 часа! После срочных ремонтных работ выпрямленный элеватор оказался на 4,3 м ниже проектной отметки. Что же случилось? 17-метровый слой глины под элеватором, залегающий на известковой скале, начал непрерывно и быстро сжиматься под действием нагрузки. Но 27 000 т — это ведь не очень большая нагрузка. Теперь строят сооружения в десятки раз большие. Как же быть? Во-первых, геологи обязаны изучить свойства грунта на будущей строительной площадке; во-вторых, строители должны помнить о том, что дополнительные массы сильно деформируют земную поверхность в районе крупного строительства; в-третьих, нельзя забывать о геодезических наблюдениях за этими деформациями.

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ СМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЙ — ОСАДКИ

Любой грунт «отзывается» на большое давление. Если грунт песчаный, то построенное на нем здание быстро оседает и стабилизируется. Сооружение на глинистых грунтах кажется незыблемым, но с течением времени обнаруживается, что постройке угрожает гибель, так как оседание глинистого грунта угасает очень медленно и практически не прекращается. В результате памятники старины могут разрушиться. Достаточно вспомнить Пизанскую башню, верх которой отклонился от вертикали на 4 м*. До сегодняшнего дня оседает звон-

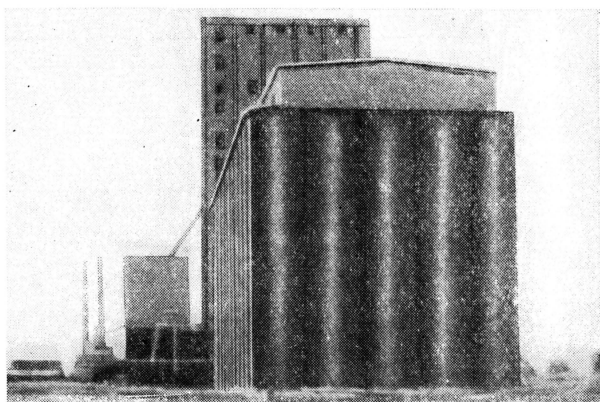
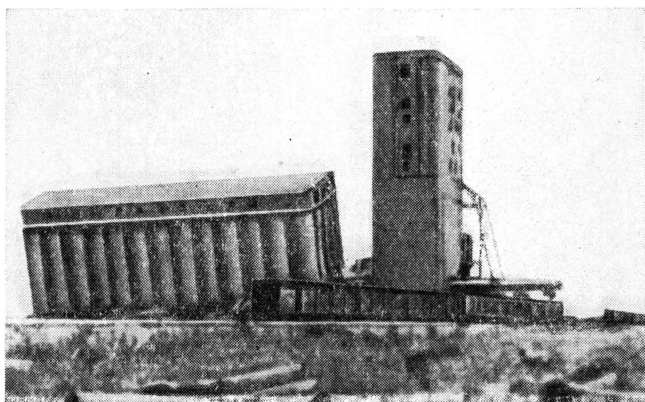
ница колокольни Ивана Великого в Московском Кремле, возведенная в 1600 г. Немало хлопот было с Исаакиевским собором в Ленинграде, когда юго-западный угол его почти на полметра вдавился в грунт.

Особенно опасны для любых конструкций неодинаковые оседания в разных частях сооружения (неравномерные осадки, как говорят строители). Неравномерное оседание грозит разрывом фундамента и даже разрушением всего здания.

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЙ — СДВИГИ

Если вертикальные оседания сооружения легко измерить, то следить за горизонтальными смещениями (сдвигами) значительно сложнее. А между тем сдвиги очень опасны и часто совершенно неожиданны. В 1912 г. головное сооружение Таллинского волнолома при тихой погоде вдруг сдвинулось в сторону моря и рухнуло. 12 марта 1928 г. в Калифорнии «поплыла» плотина Сен-Френсис, в результате погибло 400 человек. В чем же заключается причина таких катастроф? Многочисленные примеры свидетельствуют, что под влиянием нагрузки и воды (если говорить о гидротехнических сооружениях) происходят существенные изменения упругих свойств грунта: он становится мягким и податливым. Влияние воды на упругие свойства грунта, безусловно, можно хорошо изучить, а горизонтальные смещения заранее предусмотреть и рассчитать. Так, по прогнозу ожидалось смещение здания Волжской ГЭС имени В. И. Ленина за первые 10 лет на 10—12 см. Измерения показали, что фактические цифры значительно меньше. Сдвиг Волжской ГЭС к настоящему времени достиг 2—4 см. Такие сдвиги сооружению не опасны. Но и за ними нужно непрестанно наблюдать. В 30-е годы нашего века во Франции геодезисты заметили, что началось смещение глотины Гробу. По первому их сигналу

* См. В. Д. Поголяев. А башня все падает..., «Земля и Вселенная», № 1, 1970 г.



Здание Трансконского элеватора (Канада) в наклонном положении. Это классический пример неравномерного оседания сооружения. За 24 часа угол наклона достиг 27° . Справа — выровненное здание. Оно осело на 4,3 м.

воду из водохранилища выпустили и плотину укрепили. Без сомнения, геодезисты предотвратили аварию.

Как же измеряются горизонтальные смещения зданий? Методов много. Применяются триангуляция, метод обратных и прямых отвесов, угловых и линейных засечек, створный метод, полигонометрия и стереофотограмметрия. Геодезисты используют и натянутую струну, и лазерный луч. Современными геодезическими методами можно измерить горизонтальное смещение здания с точностью до 1—2 мм.

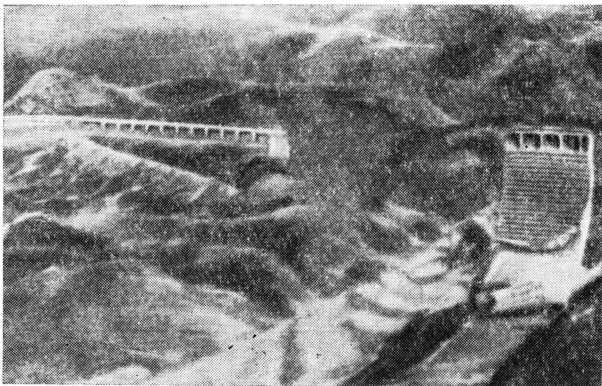
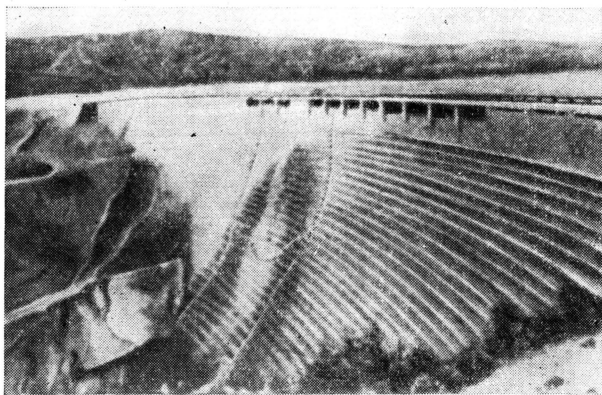
ОПАСНАЯ ВОРОНКА

Теоретически и экспериментально доказано, что грунт испытывает деформации не только непосредственно под сооружением, но и вокруг него. Под большим строительным комплексом образуется прогиб земной поверхности. Его называют воронкой оседания. Прежде чем приступить к очередному строительству, необходимо оценить размеры этой воронки. Если новое здание построят в зоне воронки оседания соседнего сооружения, пострадают оба комплекса: начнутся оседания, наклонь, появятся трещины...

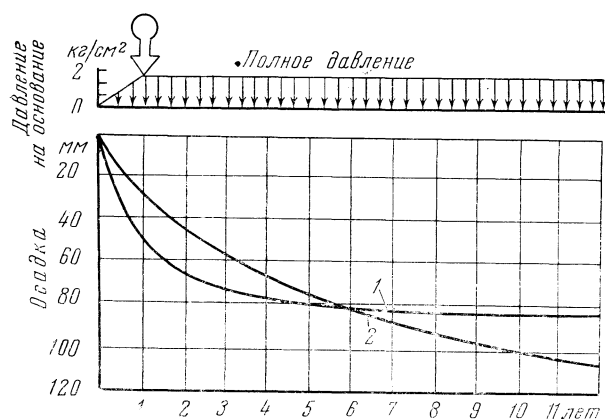
Чтобы уточнить границы воронки оседания, вокруг строящегося сооружения устанавливают геодезические знаки. Причем геодезические знаки располагаются как правило на расстоянии 100—200 м от промышленных и 500—1000 м от гидротехнических сооружений. Особенно грандиозны масштабы гидротехнического строительства. Оно требует самых тщательных наблюдений за прогибами земной поверхности под гидротехническими комплексами.

ГЕОДЕЗИСТЫ ИЗУЧАЮТ ДЕФОРМАЦИИ

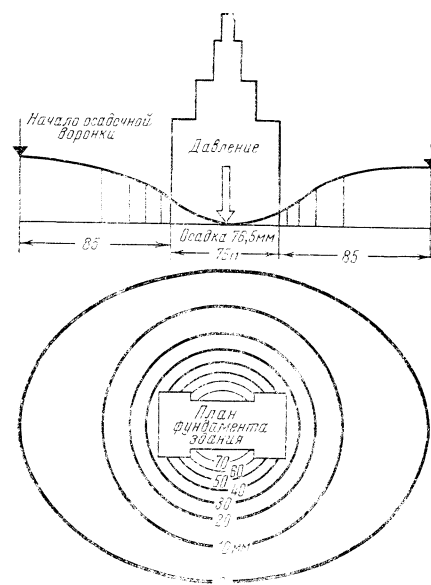
Современные строительные комплексы в большинстве своем уникальны. На их создание затрачиваются колоссальные средства, причем на сопутствующие геодезические измерения при строительстве требуется не бо-



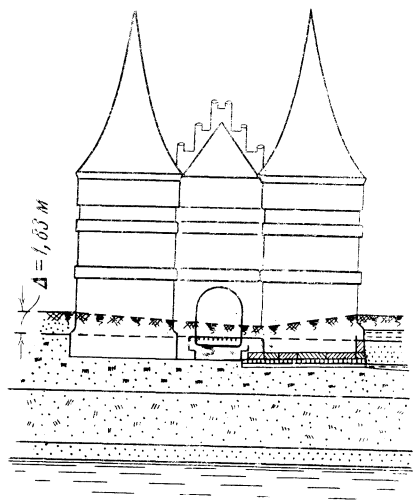
Плотина Сен-Френсис. Внизу снимок плотины после разрушения.



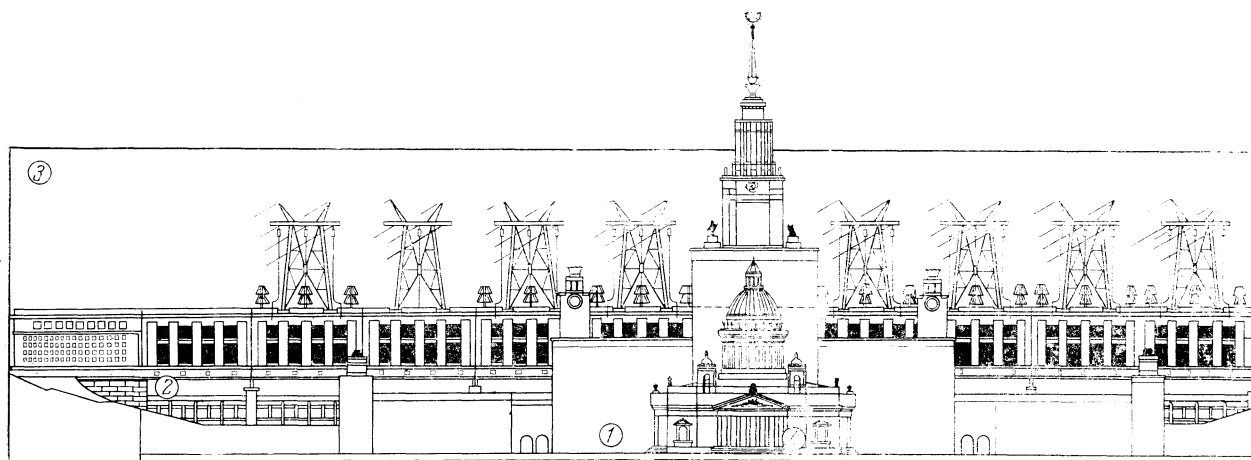
Кривые вертикальных смещений зданий. 1 — Осадка сооружения, возведенного на песчаном грунте. Первые два года после постройки осадка значительна, а затем быстро затухает. 2 — Осадка строительного комплекса на глинистом грунте происходит медленно, но непрерывно



Осадочная воронка. Чем ближе к сооружению, тем круче профиль воронки. По форме и размерам опасной воронки можно представить величину деформации грунта под сооружением



Схематический разрез церкви, построенной в 1464—1478 гг. (ФРГ, г. Любек) на 15-метровом слое глинистого грунта. Осадка достигла 180 см и будет еще продолжаться



Если объем Московского государственного университета (1) на Ленинских горах (2700 тыс. м³) принять за единицу, то здание Волжской ГЭС имени В. И. Ленина (2) составит 1,7 МГУ, а один только главный корпус Волжского автозавода в Тольятти (3) составляет 4 МГУ, Исаакиевский собор (4) — всего 0,13 МГУ. Грунтом, выбранным при строительстве Волжского автозавода, можно поднять на 7 м полотно Октябрьской железной дороги от Москвы до Ленинграда

лее одного процента от всех затрат! Но если все-таки этот процент не истрачен по назначению,— сооружение может оказаться под угрозой аварии и даже катастрофы: сдвиги, осадки, наклоны, разрывы фундамента...

Для наблюдений за безопасностью огромных строительных объектов используются все геодезические методы. Универсального метода пока нет.

Сейчас проводится сбор результатов систематических наблюдений за крупными инженерными сооружениями

для обоснованного прогноза их «поведения» в будущем. Сегодня геодезисты могут в сравнительно короткие сроки дать подробные сведения о деформации земной поверхности под сооружением и в его окрестностях. Могут с точностью до нескольких миллиметров оценить положение строительного комплекса. Конечно, прогнозировать будущее «поведение» огромных сооружений из бетона и металла очень трудно. И в этом трудном деле геодезическая наука занимает достойное место.

ДРЕВНЕЙШИЙ ПАМЯТНИК ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ В РОССИИ

Сохранившиеся документы и памятники старины неопровержимо свидетельствуют, что в давно прошедшие времена на Руси уже проводились геодезические работы. Измерялись земли для общего описания и закрепления границ, для строительства различных сооружений и в целях экономических связей с другими государствами.

Более девяти веков хранит тайну о древнейшей русской культуре прямоугольная ($2,24 \times 0,70 \times 0,24$ м) плита из белого мрамора — «Тмутороканский камень», обнаруженный в 1792 г. в развалинах крепости Фанагория, около Тамани (Тмуторокань). «Въ лето 6576 индикта 6 Глеб князь мерил море по льду от Тьмуторокана до Кърчева 14 000 сажень»*. Эта надпись свидетельствует, что уже в XI в. ** князь Глеб в зимнее время измерил по льду через Керченский пролив расстояние от Тамани до Керчи. Таким образом, уже в начале второй половины XI в. в Древней Руси проводились геодезические работы, в результате которых было определено сравнительно большое расстояние.

* После обнаружения плиты в Приазовье, она была погружена на крейсер, отправляющийся в Таганрог, но разыгравшийся шторм унес судно в Константинополь. И только спустя почти полгода она была доставлена в Россию и более года лежала в г. Николаеве, а потом ее отправили на место находки. С 1835 по 1851 г. этот камень находился в Керченском музее, а затем его перевезли в Петербург, и теперь он хранится в одном из залов Государственного Эрмитажа в Ленинграде.

** В 988 г. на Руси было принято христианство и вместе с ним юлианский календарь, по летосчислению велось «от сотворения мира» (с 5508 г. до н. э.), как и в Византии. Чтобы дату перевести на современное летосчисление, нужно из 6576 вычесть 5508 лет. Полученное число соответствует 1068 г. н. э.

ВЪ ЛѢТО СѢОІНІС ГЛѢБЪ КНАЗЪ МѢРІЛЪ МОРЕ
ПО ЛѢДУ ОТЪ МѢТОРОКА ДО КЪРЧЕВА 14 000
САЖЕНЪ

Надпись на Тмутороканском камне

Впервые в нашей стране надпись была опубликована в 1794 г. и вот уже более 150 лет на страницах печати ведутся споры о ее достоверности; этому посвящены десятки научных трудов и специальных исследований. Однако сопоставление исторических фактов, существование Тмутороканского княжества, доказанное историками, дают основание верить в подлинность сообщения о том, что князь мерил море «по льду»... «Вероятней всего, это все же была регистрация подлинного факта»*.

Этот памятник представляет большой интерес. Во-первых, это одна из древнейших надписей среди известных нам памятников русской письменности, составленной из древнерусских букв**, а во-вторых, памятник свидетельствует о первой крупной геодезической работе, выполненной на Руси еще в начале второй половины XI в. И, наконец, он подтверждает географическое положение существовавшего на Таманском полуострове Тмутороканского княжества***, подвергнувшегося в XII в. нападению половцев.

Мы полагаем, что Тмутороканский камень был оставлен нашими предками именно как памятник выдающемуся по тем временам событию — геодезическим работам в Керченском проливе.

Киевская Русь представляла собой государство с высокоразвитой культурой. Теперь хорошо известно, что на Руси в X в. существовали законы о пользовании и учете земель, а этого не могло быть без определенных размеров сельскохозяйственных

* Монгайт А. Л. Надпись на камне. «Знание», 1969 г., стр. 96.

** Недавно в соборе Софии Киевской обнаружены надписи, датированные 1052 и 1054 гг.

*** Тмутороканское княжество неоднократно упоминается в летописи «Слово о полку Игореве».

удобий, что требовало соответствующих геодезических работ. Так, например, в пространной «Русской Правде», относящейся к 1054 г., есть указания о границах, граничных знаках и об определении площадей земельных участков.

Современные картографические материалы Керченского пролива позволяют представить те огромные трудности, с которыми много веков назад были связаны работы по измерению расстояний через пролив. Определить ширину пролива можно было только зимой. А так как лед в проливе сохраняется сравнительно недолго и толщина его незначительна, то можно представить, насколько сложной и опасной была эта работа.

Большой загадкой является не столько техника измерений, сколько направление их через Керченский пролив. Разгадка этой тайны позволила бы определить и размер сажени, которой пользовались исполнители при геодезических работах в то время.

Едва ли можно предполагать, что измерение этого расстояния производилось по ломаной, по-видимому, оно было осуществлено по прямой между Таманью и Керчью. На современных картах это расстояние равно примерно 23 км.

Если при измерении этого расстояния пользовались маховой саженью*, то длина ее должна составлять примерно 1,7 м.

Сохранившийся на протяжении более 900 лет Тмутороканский камень (если исключить сомнения в его подлинности) должен занять достойное место среди ценнейших памятников Киевской Руси.

Л. С. ХРЕНОВ
профессор

* Сажень как линейная мера стала известна с XI в. Называлась она вначале маховой и косой.

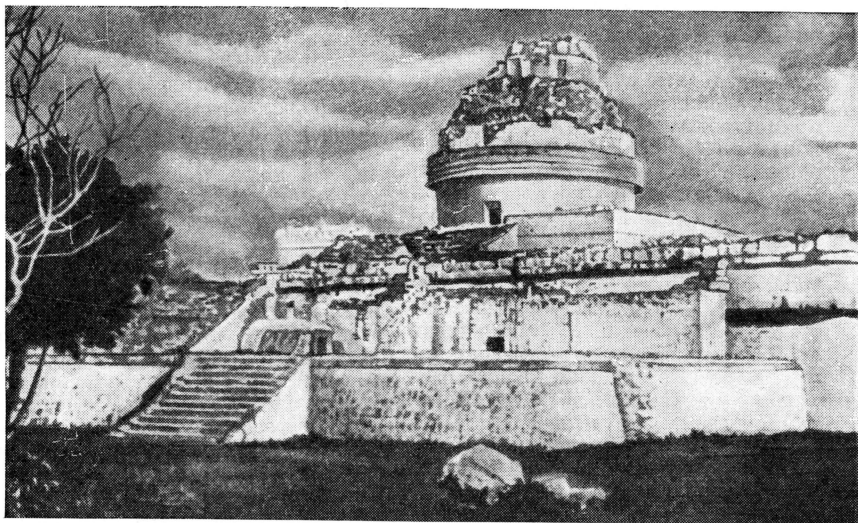
Календарь и хронология майя

На полуострове Юкатан в Центральной Америке задолго до прихода испанских конкистадоров жили племена древних индейцев майя. Этот народ боялся Времени и обожествлял его. Тщательнейшим образом велось летосчисление, вся жизнь регламентировалась самобытными и до конца не разгаданными календарями.

В современной художественной и научно-популярной литературе можно встретить такие загадочные знаки и слова: «0.0.0.0.0.4 Ахау 8 Кумху». Это не сигналы инопланетной цивилизации и не загадка-шутка для развлечения юных читателей популярного журнала. Это — мифическая начальная дата летосчисления древних майя, живших в далеком прошлом на полуострове Юкатан и прилегающих к нему территориях юго-восточной части Мексики, Гватемалы и Британского Гондураса.

«4 Ахау 8 Кумху» ученые принимают за исходную дату «начальных серий». Согласно расчетам Дж. Э. Томпсона, американского археолога, этнографа и лингвиста, одного из самых известных исследователей древней культуры майя, эта дата соответствует 12 августа 3113 г. до н.э., а по мнению другого исследователя культуры майя — Г. Дж. Спиндена — 14 октября 3373 г. до н.э., т. е. на 260 лет древнее. Современные исследования деревянных балок из древних храмов майя методом радиоуглеродного анализа подтверждают дату Томпсона.

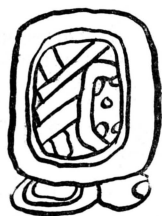
От «0.0.0.0.0.4 Ахау 8 Кумху» начинается история майя — одного из древнейших индейских племен. О высокой и своеобразной культуре этого



народа стало известно совсем недавно — каких-нибудь несколько десятков лет назад. Правда, в начале XVI в., когда к побережью Юкатана подошли испанские корабли, завоеватели часто встречали на своем пути развалины древних больших городов,

Астрономическая обсерватория «Караколь» («Улитка») в Чичен-Ице после раскопок

укрытые в непроходимых джунглях. Бесстрастно и молчаливо смотрели



Поп
16 июня — 4 августа



Во
5 августа — 24 августа.



Сип
25 августа — 13 сентября



Соц'
14 сентября — 3 октября



Сек
4 октября — 23 октября

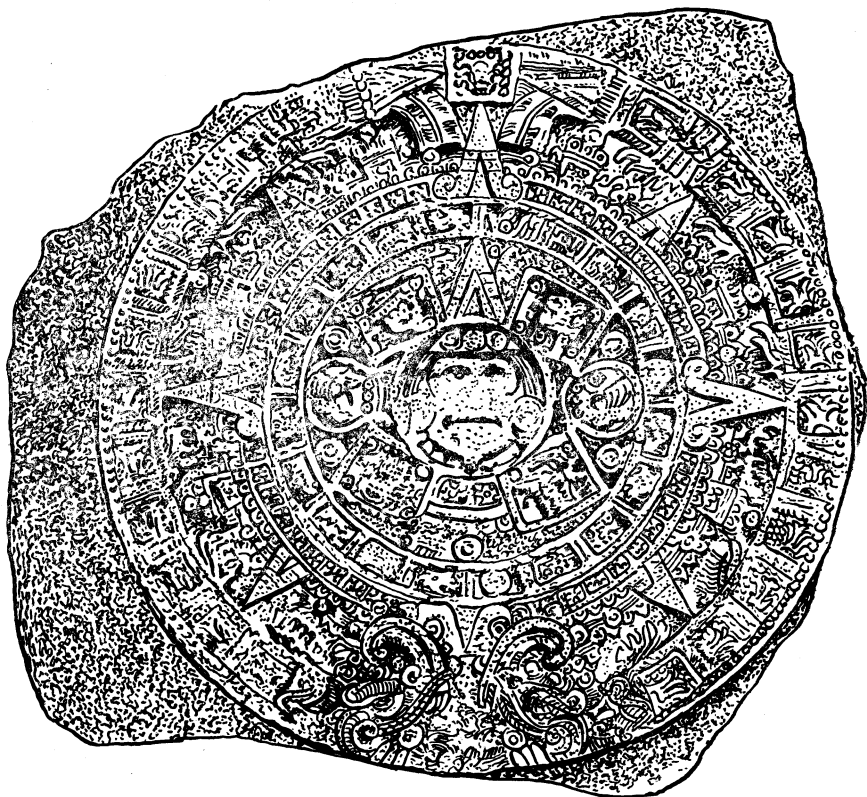
божества с настенных росписей на чужих пришельцев, хранили тайну древние строчки прихотливых иероглифов. Даже местные индейцы ничего не знали о создателях таинственного мира. Испанцы, завоевывая Юкатан, беспощадно уничтожали памятники древней культуры и сжигали древние рукописи. Однако счастливый случай и равнодушие испанских завоевателей к заросшим тропической зеленью каменным столбам оставили нам ценнейшие памятники майя — стелы. На них майя записывали важнейшие события и часто указывали дату установки стелы. Нередко сооружением стелы венчалось какое-либо «юбилейное» событие.

Ученые многих стран мира затратили немало труда и терпения чтобы разгадать таинственную письменность майя, их самобытную культуру, хронологию и календарь.

По мнению археологов, особенно яркого расцвета достигла культура майя в период с IV по X в. н. э. Занимаясь земледелием, древние индейцы доверяли свою судьбу Времени, Богам и Небу. Среди майя были астрономы и математики. Они создали специальные иероглифы для обозначения планет, Полярной звезды и созвездий. В одной из немногих рукописей, сохранившихся после варварского сожжения «следов языческой культуры» католическими монахами «прощенной» Испании, найден список предстоящих солнечных затмений. Для астрономических наблюдений майя воздвигали специальные сооружения, которые очень напоминают башни современных обсерваторий.

Большое внимание уделяли майя вопросам летосчисления и хронологии. Обрядовая сторона их жизни, культовые церемонии требовали строгого и точного летосчисления. Они создали оригинальные календарные системы*, существенно отличающиеся от всех других известных нам календарей. Календари майя служили самым различным целям: культовым, политическим, житейским.

Что же удалось установить ученым о календаре и хронологии майя? Сейчас уже известно, что древние индейские племена пользовались одновременно двумя календарными система-



«Камень Солнца»

ми разной продолжительности — длинным и коротким годом. Длинным годом руководствовались в быту, а коротким — в культовых церемониях.

Длинный год. У майя было два длинных года. Год в 360 дней назывался «тун» и использовался в культовых целях. В быту же применялся 365-дневный календарный год — «хааб». Он состоял из 18 месяцев по 20 дней. В конце такого года добавлялось еще пять «дней без имени», считавшихся роковыми. Древним жрецам, наблюдавшим за небесными светилами, было известно, что «хааб»

короче истинного солнечного года и что за 60 лет «набегают» примерно 15 лишних суток.

Дни месяцев майя обозначались числами от 0 до 19 включительно, изображались особыми иероглифами и имели следующие названия: Имиш, Ик, Акбаль, Кан, Чикчан, Кими, Маник, Ламат, Мулук, Ок, Чуэн, Эб, Бен, Иш, Мен, Киб, Кабан, Эсанаб, Кавак и Ахау.

Советский ученый Ю. В. Кнорозов много сделал для исследования культуры майя и расшифровки их письменности. Он перевел книгу католи-

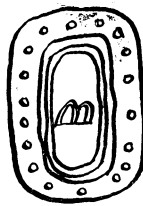
* Календарные записи помогли освоить письменность майя. Так, опыты машинного перевода с языка майя на русский, проведенные в Институте математики Новосибирского отделения АН СССР под руководством академика С. Л. Соболева, основывались на совокупности иероглифических текстов, расшифрованных с помощью астрономов.



Шуль
24 октября — 12 ноября



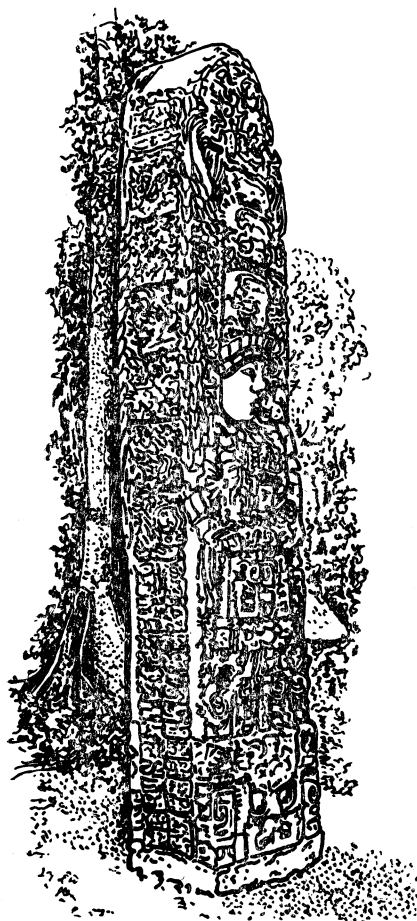
Йашк'ин
13 ноября — 2 декабря



Моль
3 декабря — 22 декабря



Ч'ен
23 декабря — 11 января



На таких стелах майя высекали иероглифические надписи

ческого монаха Диего де Ланда (1524—1579) «Сообщения о делах в Юкатане»* — основной источник по истории и этнографии майя времен испанского завоевания. В этой книге приводятся названия месяцев, их изображения особыми знаками и соответствие юлианскому календарю.

Год «хааб» начинался 16 июля. Этим днем открывался месяц Поп — первый месяц года. Заканчивался год 10 июля — в последний день месяца Кумху. А пять дней, о которых мы уже говорили, в календарный год не входили. Эта «роковая» пятинеделька была как бы девятнадцатым, но коротким месяцем года и называлась «Вайеб». Все пять дней Вайеба отмечались как праздник в честь одного из богов — покровителя следующего года.

Французский ученый Жан Жене считает, что в древности первым месяцем был не Поп, а Йашкин. Этому заключению предшествует несложное логическое построение: месяц Шуль, означающий «конец», был последним месяцем года и заканчивался 17 декабря. Затем шли безымянные пять дней и вновь начинался Новый год, первый день которого падал на 23 декабря. В этом случае Новый год примерно совпадал бы с днем зимнего солнцестояния. Да и, кстати, само слово Йашкин означает «новое солнце». Что ж, логично.

Короткий год. Совсем иначе был построен короткий календарный год майя — «цолькин», имевший важное ритуальное значение. Он состоял всего из 260 дней и делился на 13 месяцев, которые так же, как и месяцы «хааб», содержали по 20 дней.

Другая особенность этого календаря — неделя, состоящая из 13 дней. Дни недели обозначались числами от 1 до 13. Поэтому в «цолькине» своеобразно сочетались 20-дневные месяцы и 13-дневные недели, а числа недели и названия дней повторялись в определенной закономерности. Правда, из некоторых иероглифических текстов следует, что у древних майя кроме 13-дневной недели была и 9-дневная. Ее можно было бы назвать «9-ночной», так как счет велся по ночам, причем каждая ночь имела своим покровителем одного из девяти богов подземного царства.

В календаре майя было еще два более крупных цикла: 4-летний, в котором повторялись названия дней и числа месяцев, и 52-летний — своеобразная комбинация «хааба» и «цолькина». Он состоял из тринадцати 4-летних циклов и охватывал период в 18 980 дней. В нем повторялись не только дни и числа недели, но и числа месяца. В самом деле, период в 18 980 дней содержал 52 «хааба» ($365 \times 52 = 18\,980$) и в то же время 73 «цолькина» ($260 \times 73 = 18\,980$). Эта

зависимость и составляла основу гармонии календаря майя.

Каждый Новый год всегда начинался с одного из четырех дней: Кан, Мулук, Иш и Кавак. Эти дни, последовательно сменяясь, повторялись вновь и вновь.

Датировка любого события в календаре майя всегда состояла из числа 13-дневной недели, названия дня, числа и месяца и названия месяца. Например, если записана дата «6 Ламат 14 Шуль», то это означает 6-е число 13-дневной недели, день Ламат, 14-е число месяца Шуль. Такая дата могла повториться только через 52 года, т. е. через 18 980 дней.

Так как в гражданском календаре майя год состоял из 365 дней, а месяц из 20 дней, то через каждые четыре года первый день года приходился на один и тот же день месяца, но в разные числа недели. Поэтому весь 52-летний цикл древнего календаря майя — это своеобразный «вечный календарь», получивший название «календарного круга».

Лунный календарь. Древние майя пользовались и особым лунным календарем, каждый месяц которого содержал 29 или 30 дней. Каждый день лунного месяца обозначался соответствующим числом, причем первый день месяца, как и в 20-дневном месяце, считался нулевым. Шесть лунных месяцев составляли лунный полугод, после которого опять начинался первый лунный месяц.

В разное время майя, как и теперь в некоторых странах Востока, применяли различные варианты лунных календарей.

Хронология. В основу всех хронологических расчетов был положен день, или «кин». Двадцать кин составили один «виналь» (20-дневный месяц), а 18 виналей соответствовали одному «туну» (360-дневному году) и далее:

1 катун	= 20 тунам	= 7 200 дням
1 бактун	= 20 кутанам	= 144 000 »
1 пиктун	= 20 бактунам	= 2 880 000 »
1 калабтун	= 20 пиктунам	= 57 600 000 »
1 кинчильтун	= 20 калабтунам	= 1 152 000 000 »
1 алаутун	= 20 кинчильтунам	= 23 040 000 000 »



* Опубликовано Издательством АН СССР в 1955 г.

Йаш 12 января—31 января Сак 1 февраля—20 февраля Кех 21 февраля—12 марта Мак 13 марта—1 апреля

Если перевести эти циклы на наш календарный год, то получим следующие соотношения:

1 катун	— около	20 лет, т. е. 20 ¹
1 бактун	— »	400 » » 20 ²
1 пиктун	— »	8 000 » » 20 ³
1 калабтун	— »	160 000 » » 20 ⁴
1 кинчильтун	— »	3 200 000 » » 20 ⁵
1 алаутун	— »	64 000 000 » » 20 ⁶

Каждый катун обозначался названием и числом его последнего дня. Так, катун 13 Ахау означал такой

Начальная дата летосчисления майя на 3 000 лет старше известной нам самой ранней записи, обнаруженной в 1959 г. на одной из стел и относящейся к 292 г. н. э. Но от начальной даты («0.0.0.0.4 Ахау 8 Кумху») до установки этой стелы прошло три тысячелетия! Что же делали майя эти 3 000 лет, где обитали, почему не оставили памятников?

От начальной даты ведется счет всех остальных дат в истории майя. Например, если какое-либо событие по календарю майя записано: «9.14.0.0.6 Ахау 13 Муан», то это означает, что от исходной даты прошло 9 бактунов 14 катунов 0 тунов 0 виналей 0 кино.

Как перевести эту дату на современный календарь? Прежде всего подсчитаем, сколько прошло дней от исходной даты: $9 \times 144\,000 + 14 \times 7200 = 1\,396\,800$ дней, или 3 824 года. Вычитая из этой даты исходную, т. е. 3113, получим 711. Следовательно, по нашему летосчислению событие произошло в 711 г. н. э.

Что касается записи «6 Ахау 13 Муан», то она означает, что исторический факт отмечен в 6-й день 13-дневной недели, день Ахау, 13 числа месяца Муан. Это дает возможность сделать дальнейшее уточнение. Так как месяц Муан соответствует периоду с 22 апреля по 11 мая юлианского календаря, то 13-е число этого месяца приходится на 4 мая 711 г. н. э.

Этот способ отсчета больших промежутков времени применялся преимущественно у древних майя и получил название «длинного счета». Но уже за несколько веков до испанского завоевания майя перешли к упрощенному «короткому счету», состоявшему из катунов, т. е. «двадцатилеток», вернее из периодов в 7 200 дней.

7 200-дневный период, последний день которого приходился на 13-е число 13-дневной недели. Так как 7 200 делится на 20 без остатка, то каждый катун начинался со дня Имиш и заканчивался днем Ахау. Однако в каждом последующем катуне последний день хотя и оставался Ахау, но он падал на другой день недели. Во втором катуне он приходился уже на 11-й день недели, т. е. на 2 дня раньше, чем предыдущий. Это получается потому, что при делении 7 200 на 13 в остатке будет 11, т. е. на 2 единицы меньше 13-дневной недели. Последний день третьего катунa наступит еще на 2 дня раньше, чем предыдущий — 9 Ахау. Затем последовательно пойдут: 7 Ахау, 5 Ахау, 3 Ахау, 1 Ахау, 12 Ахау, 10 Ахау, 8 Ахау, 6 Ахау, 4 Ахау, 2 Ахау и опять 13 Ахау. Потом все снова повторяется.

Приведем конкретный пример пересчета даты календаря майя на наш. Возьмем дату «10.1.9.17.18 2 Эсанаб 11 Канкин». Значит, от исходной даты прошло 10 бактунов, 1 катун, 9 тунов, 17 виналей и 18 кино (всего 1 450 798 дней). Следовательно, это будет 2-й день 13-дневной недели, день Эсанаб, 11-е число месяца Канкина, что соответствует 7 октября 859 г. н. э.

Для приближенного пересчета с датировок майя на наш календарь можно воспользоваться «Хронологической таблицей истории майя», приведенной в книге Ю. В. Кнорозова «Письменность индейцев майя»*. В ней дается пересчет с датировок майя по «двадцатилетиям» на период с 140 г. н. э. до 1618 г. н. э.

* Издательство АН СССР, М.—Л., 1963 г., 663 стр.



Точность календаря. В литературе очень часто сообщается, что календарь майя является самым точным. Насколько справедливо такое утверждение?

Специалисты по истории календаря майя пишут: астрономы майя сумели определить продолжительность солнечного года в 365,2420 дня, т. е. всего на 0,0002 меньше принятого в настоящее время значения тропического года, что соответствует ошибке в одни сутки за 5000 лет! Это дает основание сделать вывод, что календарь майя несколько точнее нашего григорианского календаря.

Астрономы древних городов Копан и Паленке хорошо знали продолжительность синодического месяца Луны. По копанским вычислениям она равна 29,53 020 дня, а по паленк-



К'ан-к'ин
2 апреля — 21 апреля



Муан
22 апреля — 11 мая



Паш
12 мая — 31 мая



К'айяб
1 июня — 20 июня



Кумху
21 июня — 10 июля



ским — 29,53 086. Среднее из этих двух значений составляет 29,53 053, что короче принятого в настоящее время значения синодического месяца всего на 0,00 006 дня. Если при этом еще учесть, что исследование надписей на одной из стел Копана свидетельствует о знакомстве астрономов майя с циклом Метона, открытым независимо в Греции в V в. до н. э., то остается признать, что и лунный календарь майя также отличался большой точностью.

Долго спорили ученые — историки и астрономы — о том, где зародились древние очаги культуры: в Африке, Азии или на Ближнем Востоке. И вот оказалось, что на территории «Нового Света» в XV в. до н. э. расцвела удивительная культура майя, которую еще предстоит изучать.

АСТРОНОМИЯ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ РАЗНЫХ СТРАН

Материал о состоянии астрономического образования в 27 странах (Аргентина, Австралия, Англия, Бельгия, Болгария, Венгрия, ГДР, Дания, Израиль, Италия, Канада, Нидерланды, Новая Зеландия, ОАР, Польша, Румыния, СССР, США, Турция, Франция, ФРГ, Чили, Чехословакия, Швеция, Швейцария, Южно-Африканская Республика, Япония) был подготовлен представителями этих стран к очередному съезду Международного астрономического союза (август 1970 г., Брайтон). Текст обзора президент комиссии № 46 профессор Э. Мюллер (Швейцария) направила всем членам комиссии. Доклад, посвященный астрономическому образованию на всех уровнях, позволяет, в частности, получить общее представление о том, в каких странах и как именно знакомят с основами астрономии учащихся средних школ (или в соответствующих школах учебных заведений).

Известно, что в Советском Союзе еще в 30-х годах астрономия стала самостоятельным учебным предметом и отметка по астрономии была включена в аттестат зрелости. Эту дисциплину учащиеся изучают на протяжении года в выпускном (десятом) классе (1 час в неделю). В нескольких социалистических странах астрономия тоже существует как отдельный учебный предмет, например, в Болгарии, Германской Демократической Республике, Польше, Румынии. Исключительно интересный опыт преподавания астрономии в средней школе накоплен в ГДР, где на протяжении нескольких лет планомерно проводится работа по повышению квалификации учителей астрономии, на высоком научно-методическом уровне обсуждаются программы и учебники, издается единственный в своем роде методический журнал «Астрономия в школе». В Болгарии курс астрономии в средней школе начали преподавать в 1944 г., затем несколько лет его объединяли с курсом физики, после чего снова выделили астрономию в отдельный предмет.

В Нидерландах на протяжении многих лет в средних школах существовал курс астрономии; для учащихся и учителей были изданы хорошие учебники и учебные пособия. Однако в 1969 г. при очередной реформе народного образования астрономия стала факультативным предметом, против чего сейчас активно выступает астрономическая общественность страны.

Элементы астрономии в большинстве стран издавна включаются в

такие учебные дисциплины, как физика, математика, география. Например, в Чехословакии программа по физике предусматривает 30 часов на изучение вопросов астрономии (этому уделяется примерно 10% времени, отведенного на физику, и соответствующее число страниц в учебниках по физике). Проанализировав опыт преподавания элементов астрономии в курсе физики, чешские товарищи пришли к выводу, что отсутствие самостоятельного предмета астрономии весьма затрудняет формирование системы представлений о Вселенной.

Японские школьники получают знания по астрономии из курса «Науки о Земле», основное содержание которого составляют вопросы геофизики, геологии и минералогии. Не существует отдельного предмета астрономии в школах Англии, США, Канады, Франции, Италии, Швейцарии, Новой Зеландии и других стран, но в ряде этих стран ведутся довольно активные поиски форм и методов наиболее эффективного преподавания астрономии, что, вероятно, позволит уже в ближайшие годы подвести итоги педагогическим экспериментам.

И в странах, где астрономия преподается как отдельный предмет, и в странах, где пока это не делается, большое внимание уделяется проблеме «чему учить», т. е. содержанию обучения и повышению «астрономической квалификации» учителей физики и географии. В процессе модернизации программы по астрономии центр тяжести переносится на изучение вопросов астрофизики. Известно, что именно в этом направлении в настоящее время осуществляется перестройка курса школьной астрономии и в нашей стране.

Преподавание астрономии в разных странах отличается и целями, и современным состоянием, и перспективами. Но нетрудно подметить одну общую важную черту — рост интереса к проблеме преподавания астрономии в общеобразовательных учебных заведениях. Кроме того, можно сформулировать узловые вопросы, в разрешении которых заинтересованы многие страны:

1. Как организовать преподавание астрономии, чтобы основываться на знаниях учащихся по физике, математике и другим предметам;

2. Каким должно быть научное содержание курса школьной астрономии;

3. Каковы должны быть учебники, методические руководства, наглядные пособия, инструменты и модели по астрономии;

4. Как подготовить кадры будущих учителей астрономии и организовать систему повышения ква-

лификации учителей, которые преподают астрономию.

Человечество уже вступило в космическую эру. Это дает основание надеяться, что в будущем знание основ астрономии станет необходимой составной частью образованно-

сти большинства людей, населяющих нашу планету. Тогда, наверное, на помощь «астрономическому просвещению» народа придут многие астрономы, педагоги, психологи, вооруженные глубокими знаниями астрономической науки и новейши-

ми методами преподавания (от программированных учебников до обучающих машин и спутников).

Е. П. ЛЕВИТАН

кандидат педагогических наук



ПЕРВАЯ ЯРКАЯ КОМЕТА 1970 ГОДА



Фотография кометы Таго — Сато — Косака, сделанная 30 января 1970 г. на двойном 40-сантиметровом астрографе Крымской астрофизической обсерватории. Видна яркая голова кометы и узкий хвост I типа

Фото Н. С. Черных

В начале 1970 г. представилась редкая возможность наблюдать невооруженным глазом три новые яркие кометы: в январе — комету 1969 g Таго — Сато — Косака, в феврале — комету 1970 a Дайдо — Фуджикава, в марте — комету 1969 i Бённета*.

Комету Таго — Сато — Косака открыли японские астрономы в октябре прошлого года, когда она имела 10-ю звездную величину и была видна только в телескоп. Перигелий комета прошла 21 декабря. В этот день ее отделяли от Солнца всего 0,47 а. е. Вероятно, столь тесное сближение с

Солнцем явилось причиной резкого повышения активности кометы. В конце декабря — начале января жители южного полушария могли наблюдать комету невооруженным глазом. Хвост ее имел сложную структуру и простирался до 10°.

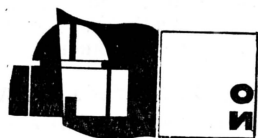
В то время, когда комету фотографировали на Крымской астрофизической обсерватории АН СССР, ее расстояние от Солнца увеличилось вдвое. Но активность кометы все еще оставалась высокой и были заметны быстрые изменения структуры ее хвоста и колебания блеска. На фотографии, полученной 30 января, хвост кометы состоял из единственного луча, слегка искривленного и расширяющегося. Длина хвоста достигала 3°. Уже на следующий день, 31 января, хвост стал более сложным:

на снимках были видны несколько не совсем прямолинейных струй. В феврале хвост состоял уже из веерообразных лучей: четыре внутренних луча прослеживались до 4°, а два более слабых внешних, расходящихся под большим углом, — всего на 1° от головы. Интенсивное выбрасывание вещества из ядра кометы сопровождалось увеличением ее яркости примерно на одну звездную величину и даже больше.

Повышение активности кометы Таго — Сато — Косака, несомненно, связано с прохождением в конце января через центр диска Солнца двух довольно мощных групп солнечных пятен.

* Фотографии кометы Бённета опубликованы в этом же номере. (Прим. ред.)

Н. С. ЧЕРНЫХ



**ОБСЕРВАТОРИИ
И ИНСТИТУТЫ**

Г. А. ЧЕБОТАРЕВ

*профессор
директор Института теоретической астрономии*

В прошлом году исполнилось 50 лет со времени основания Института теоретической астрономии. С деятельностью института тесно связано развитие небесной механики в нашей стране. В Институте составляются астрономические ежегодники, необходимые для астрономических и геодезических работ, морской и воздушной навигации, а в последнее время и для запусков искусственных спутников Земли и космических кораблей.

Институт теоретической астрономии



В этом здании на Васильевском острове с 1945 г. находится Институт теоретической астрономии

Институт теоретической астрономии Академии наук СССР в Ленинграде — единственное в Советском Союзе специализированное научное учреждение по теоретическим и прикладным вопросам небесной механики. По профилю и широте охвата решаемых задач ему приблизительно соответствует только одно научное учреждение — Бюро американских эфемерид (США).

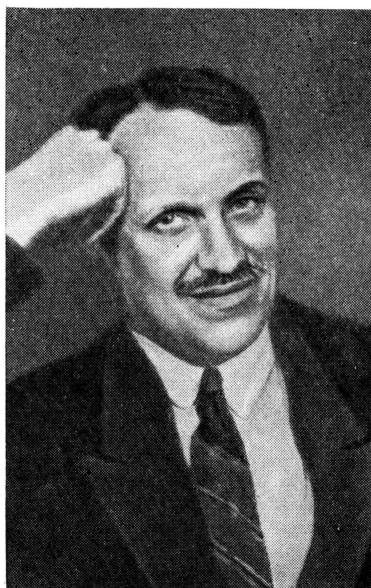
Институт теоретической астрономии начал свою деятельность 7 октября 1919 г. как Вычислительный институт при Всероссийском астрономическом союзе. Институт был организован по инициативе крупнейшего советского специалиста в области небесной механики, астрометрии и гравиметрии, члена-корреспондента АН СССР Б. В. Нумерова. В январе 1920 г. Б. В. Нумерова назначили директором этого института, который вскоре переименовали в Государственный вычислительный, а затем (после объединения с Астрономо-геодезическим институтом) — в Астрономический.

В октябре 1943 г. Президиум Академии наук СССР возложил на Астрономический институт научно-исследовательскую работу в области небесной механики и составление астрономических ежегодников. Тогда же его преобразовали в Институт теоретической астрономии. Сейчас это — одно из ведущих астрономических учреждений нашей страны.

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЕЖЕГОДНИКИ

Астрономические ежегодники содержат координаты Солнца, Луны, больших планет и ярких звезд, а также различные вспомогательные таблицы. Появление ежегодников было вызвано потребностями мореплавания. В России по инициативе академика Ф. И. Шуберта с 1815 г. публиковался «Морской месяцеслов», регулярно выходивший до 1855 г.

До Великой Октябрьской революции астрономические обсерватории, флот, геодезические и топографические службы России в своей работе использовали ежегодники, которые издавались за рубежом. Поэтому главной задачей Института теоретической астрономии с момента его



Борис Васильевич Нумеров (1891—1941) — член-корреспондент АН СССР, основатель и первый директор института. Широко известны его работы по определению орбит малых планет и комет, а также в области гравиметрии



Михаил Федорович Субботин (1893—1966) — член-корреспондент АН СССР, директор института с 1942 по 1964 г. Специалист в области небесной механики, автор фундаментального трехтомного «Курса небесной механики», по которому училось не одно поколение советских астрономов

основания было составление астрономических ежегодников.

Институт теоретической астрономии выпускает не только первоклассный «Астрономический ежегодник», полностью обеспечивающий астрономические, геодезические и гидрографические работы, но и специальные — «Морской астрономический ежегодник» и «Авиационный астрономический ежегодник», предназначенные для морского и воздушного флота СССР.

«Астрономический ежегодник» СССР широко применяется за рубежом — в социалистических и некоторых капиталистических странах.

Важное значение имели работы института в годы Великой Отечественной войны. По заданию Управления Военно-Воздушных Сил и Гидрографического управления Военно-Морских Сил сотрудники института составляли «Авиационный» и «Морской» астрономические ежегодники, а также и «Астрономический ежегодник» СССР, необходимый для Геодезической службы и Артиллерийского управления Советской Армии. Работа над ежегодниками проходила в чрезвычайно сложных и трудных условиях в Казани и блокированном Ленинграде. Ленинградская группа во главе с профессором И. Д. Жонголовичем выполняла кроме того и задания Штаба Ленинградского фронта. В первые же годы войны погибло 32 научных сотрудника института, 26 из них — в блокированном Ленинграде.

На Юбилейной сессии Академии наук СССР в Москве в 1943 г. вице-президент АН СССР академик А. А. Байков в своей речи сказал: «Особо следует отметить не только успешную, но и поистине самоотверженную работу ленинградских институтов в военное время... Сюда, прежде всего, относится Астрономический институт, подготовивший издание «Астрономического ежегодника», а также «Морского» и «Авиационного» ежегодников».

С 1947 г. Институт теоретической астрономии стал международным центром по изучению движения малых планет. Он каждый год выпускает единственное в мире издание — «Эфемериды малых планет», над со-



Наум Ильич Идельсон (1885—1951) — ответственный редактор «Астрономического ежегодника» СССР. Специалист в области фундаментальной астрометрии, небесной механики, истории астрономии



Наталья Сергеевна Яхонтова (р. 1896) — специалист в области небесной механики. Важное значение имеют ее работы по исследованию знаменитой задачи «трех тел»



Елена Ивановна Казимирчак-Полонская (р. 1902) — специалист в области кометной астрономии, лауреат премии имени Ф. А. Бредихина (1969 г.). Хорошо известны ее исследования происхождения комет, эволюции кометных орбит под влиянием планетных возмущений.



Иван Данилович Жонголович (р. 1892) — ответственный редактор «Морского» и «Авиационного» астрономических ежегодников, заслуженный деятель науки РСФСР. Специалист в области небесной механики, гравиметрии и космической геодезии

ставлением которых трудится большой коллектив под руководством Н. С. Яхонтовой и С. Г. Маковера.

НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА И ЕЕ ЗАДАЧИ

Аналогично тому как физики в своих лабораториях исследуют атом и атомное ядро, чтобы понять структуру материи и силы, действующие между элементарными частицами, ученые Института теоретической астрономии изучают солнечную систему, чтобы понять ее структуру, эволюцию и характер сил, действующих между космическими телами.

В солнечную систему, как известно, входят Солнце, планеты и их спутники, кометы, метеорное вещество, космическая пыль. Теоретически пределы солнечной системы достигают ближайших звезд, а наблюдаемые границы очерчены орбитой Плутона.

Между Марсом и Юпитером движутся многочисленные малые планеты (астероиды). Их орбиты существенно отличаются от орбит больших планет. Астероиды могут подходить ближе к Солнцу, чем Меркурий, а

удаляться от него на расстояние Сатурна. Некоторые астероиды благодаря особенностям своих орбит могут сближаться с Землей. Например, в 1937 г. на расстоянии 580 тыс. км от Земли прошел астероид Гермес, в 1968 г. на расстоянии 6,36 млн. км — Икар, а в 1969 г. на расстоянии 9 млн. км — Географ.

В эпоху освоения человеком около-солнечного космического пространства малые планеты интересуют нас как возможные естественные станции для космических кораблей. Нужно учитывать и то, что астероиды могут представлять серьезную опасность для космонавтов при их будущих полетах к Марсу и Юпитеру. В зарубежной печати обсуждается вопрос, как с помощью мощных ракет изменить движение некоторых астероидов, когда они приближаются к Земле, чтобы превратить астероиды в более близкие спутники Земли, чем Луна, а затем уже создать на этих астероидах постоянные обитаемые космические станции.

Внешние области солнечной системы, лежащие за пределами орбиты

Плутона, недоступны современным телескопам. Кометы — единственный источник информации об этих отдаленных областях. Периоды обращения комет вокруг Солнца могут составлять миллионы лет, причем в афелии такие кометы, достигая границ солнечной системы, испытывают при своем движении гравитационные возмущения от ближайших звезд.

Столкновения малых планет и распад кометных ядер порождают метеорное вещество и космическую пыль. На движение космической пыли влияет не только притяжение Солнца и планет, но и солнечная радиация, корпускулярные потоки, а на заряженные частицы — магнитные поля Солнца и планет.

Изучение динамики космических тел, составляющих солнечную систему, — основная проблема небесной механики.

Как наука, небесная механика зародилась в глубокой древности. Народы древнего Востока и античного мира уже имели обширные познания в области небесной механики. Им, например, были известны закономерности в движениях светил, календарь; они умели предвычислять затмения. Однако астрономическая картина мироздания, созданная народами древнего мира, не выходила за пределы эмпирической кинематики солнечной системы. Основы современной небесной механики были заложены гораздо позднее И. Ньютоном в его «Математических началах натуральной философии». Французский математик Ж. Лагранж называл эту книгу «величайшим произведением человеческого ума».



Вычислительная лаборатория Института теоретической астрономии. Пульс управления электронной вычислительной машиной БЭСМ-4

Современная небесная механика изучает движение небесных тел с помощью математических методов. Прогресс небесной механики тесно связан как с теоретическими достижениями в математике, так и с развитием вычислительной техники. Ученые Института теоретической астрономии, используя электронные вычислительные машины, могут теперь ставить и решать такие задачи, которые раньше были не под силу даже многочисленным коллективам. Кроме того, в сотни раз повысилась точность астрономических наблюдений. Так, по

времени пролета отраженного радиосигнала астрономы определяют расстояние до Венеры с точностью 2—3 км, а измеряя доплеровское смещение частоты радиосигнала, вычисляют радиальную скорость планеты с ошибкой всего в 2 см/сек.

Ученые Института теоретической астрономии работают над решением важных и сложных проблем, которые, как правило, актуальны и для других смежных наук. В этом взаимопроникновении различных наук и методов залог дальнейшего прогресса небесной механики.



АЗОТНАЯ КИСЛОТА В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

Американские физики Д. Меркрей, Т. Кайл, Ф. Меркрей и У. Уильямс обнаружили небольшое количество газообразной азотной кислоты в верхней атмосфере Земли.

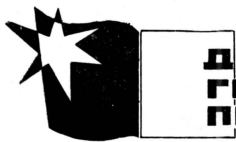
Это открытие было сделано при изучении инфракрасного спектра

Солнца. Установленный на баллоне спектрометр поднимался на высоту 30 км.

Полосы поглощения азотной кислоты были обнаружены на длинах волн 5,85; 7,54; 10,8 и 12 мк. С увеличением зенитного расстояния Солнца

полосы становились сильнее. Это указывает, что полосы поглощения азотной кислоты скорее имеют земное происхождение, чем солнечное.

«Sky and Telescope», 38, 6, 1969.



Б. А. ВОРОНЦОВ-
ВЕЛЬЯМИНОВ
профессор

Квazarы — протоскопления галактик?

Мир галактик, некогда подробно описанный Э. Хабблом, впоследствии оказался гораздо многообразнее. Сейчас известны спиральные галактики, из ядер которых с огромной скоростью выбрасываются потоки и облака газа. Такие галактики названы сейфертовскими. Американский астроном Ф. Цвикки открыл сотни так называемых компактных голубых галактик, едва отличимых от звезд. Многие галактики оказались мощными источниками радиоизлучения. Это преимущественно эллиптические, очень массивные и яркие галактики, но излучают в радиодиапазоне и отдельные сейфертовские галактики. Некоторые радиогалактики — кратные системы — состоят из двух, соединенных перемычкой, или нескольких эллиптических галактик. Другие, обозначенные N-радиогалактиками*, очень похожи по своему виду и спектру на компактные голубые галактики.

И, наконец, были открыты совершенно необычные источники излучения, связанные с очень маленькими, неотличимыми от звезд оптическими объектами, — квазизвездные радиоисточники (квazarы) и квазизвездные галактики (квазаги). Квазары в среднем раз в сто ярче гигантских радиогалактик и столь же мощно излучают в радиодиапазоне. Квазаги примерно в 50 раз многочисленнее, чем квазары. Их светимость столь же огромна, как и у квазаров, но в радиодиапазоне они почти не излучают.

Радиоизлучение галактик и квазаров имеет нетепловую природу. Это синхротронное излучение порождается высокоэнергичными электронами, которые тормозятся в магнитных полях галактик. В оптическом диапа-

зоне часть излучения квазаров, N-радиогалактик, компактных голубых галактик, ядер некоторых галактик Сейферта также имеет нетепловую природу. Механизм генерации оптического синхротронного излучения нам не известен. Но полная энергия излучения квазаров известна. Она достигает 10^{60} — 10^{62} эрг.

У некоторых квазаров, N-радиогалактик и, в меньшей мере, у ядер галактик Сейферта наблюдаются колебания блеска и радиоизлучения. Заметные уже в течение недели изме-

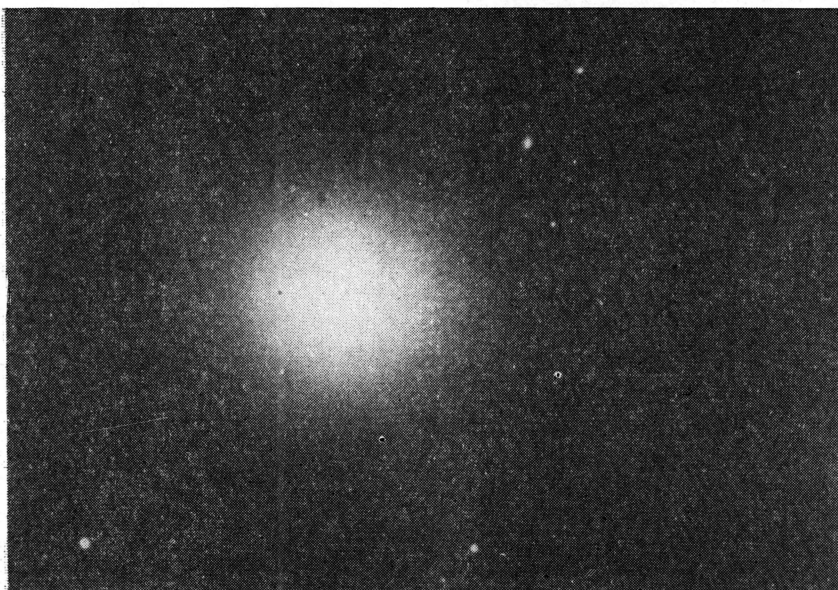
нения блеска указывают, что квазар должен быть единым компактным телом, а не звездной системой, причем диаметр его не должен превышать 10^{15} — 10^{16} см (10^{10} км = 10^{-3} пс = 200 а. е. = 2,5 диаметра орбиты Плутона).

Много делалось попыток объяснить чудовищный запас энергии в квазарах и огромную мощность их излучения (около 10^{47} эрг/сек). Все эти догадки, иногда почти фантастические, оставляют все же открытым вопрос об источниках энергии и

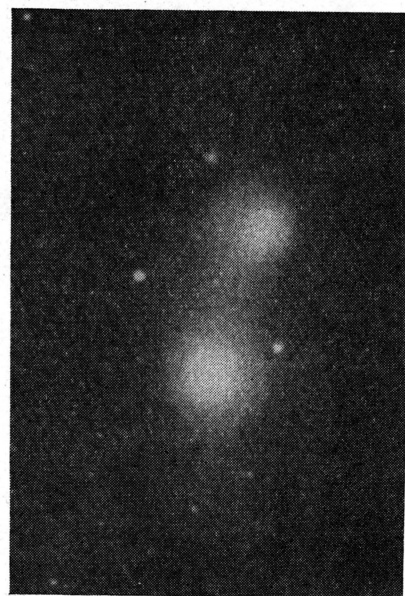


Сейфертовская галактика NGC 4051. У галактики яркое звездообразное ядро, из которого выбрасываются облака и потоки газа

* Подробнее см. «Земля и Вселенная», № 4, 1968 г., стр. 10. (Прим. ред.)



Гигантская эллиптическая радиогалактика M87, входящая в скопление галактик в созвездии Девы. Галактика окружена свитой из 2000 шаровых звездных скоплений.



Радиогалактика NGC 4782-4783, состоящая из двух эллиптических галактик, соединенных перемычкой

о физической природе квазаров. Если красное смещение линий в спектре квазаров обусловлено общим расширением Метагалактики, то квазары — самые яркие и самые далекие из известных нам объектов Вселенной. Предложено несколько вариантов «локальных гипотез», авторы которых пытаются так истолковать громадные красные смещения линий в спектрах квазаров, чтобы квазары можно было считать более близкими к нам объектами. Но ни одна из «локальных гипотез» не нашла подтверждения.

Среди гипотез, признающих красное смещение квазаров космологическим, наиболее популярна гипотеза сверхзвезды. Квазар считают звездой с радиусом около $4 \cdot 10^8$ км (радиус Солнца $7 \cdot 10^5$ км) и массой 10^8 солнечных. Излучение ярких линий газового спектра приписывают высоким слоям атмосферы этой сверхзвезды.

Данным наблюдений эта модель соответствует плохо потому, что объект такой массы нельзя эволюционно связать ни с каким другим видом небесных тел или их систем. Квазары стоят особняком от всех звездных систем. А, между тем, их спектр очень похож на спектры радиогалактик и ядер галактик Сейферта. Допустить, что квазар со временем превращается в обычную галактику или радиогалактику, мешает еще то, что

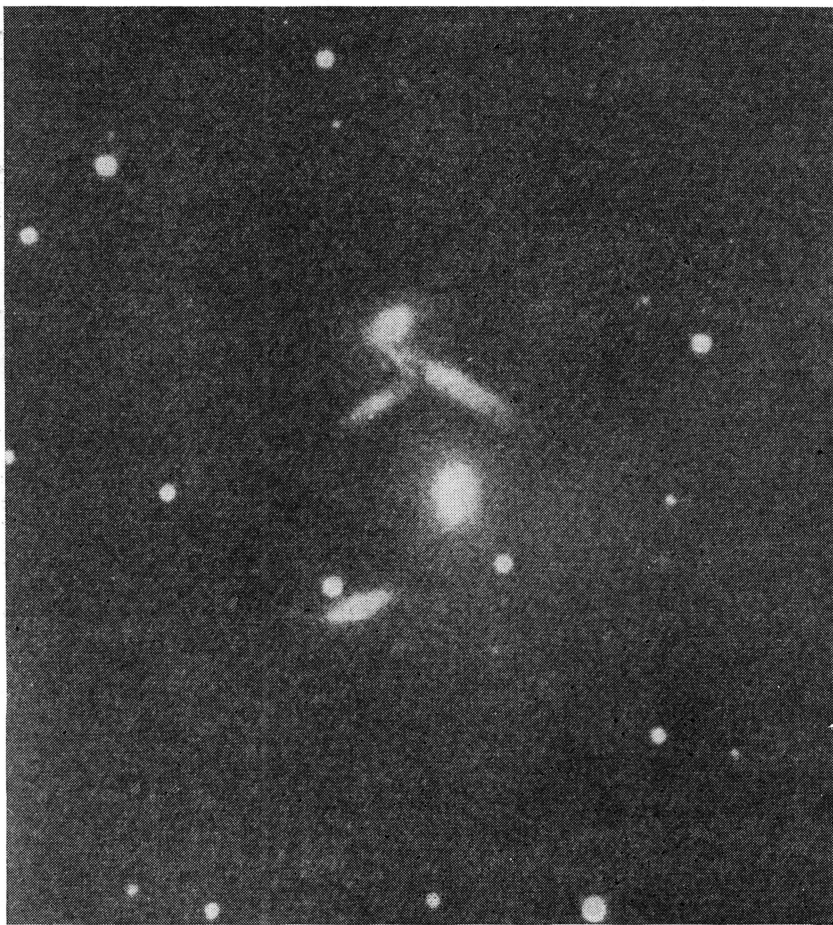
не обнаружено ни одного квазара в скоплениях галактик*. Большинство же галактик входит в состав скоплений. Радиоисточником в скоплении обычно оказывается самый яркий и массивный объект, расположенный в центре скопления. Чаще всего — это эллиптическая галактика-гигант.

Картина эволюции звездных систем, предложенная академиком В. А. Амбарцумяном, становится более логичной и последовательной, если считать квазары и квазаги протоскоплениями галактик. Сейчас наиболее распространено мнение, что радиоизлучение звездных систем — явление сравнительно непродолжительное и, может быть, неоднократно возникающее. Вполне возможно, что квазаг — это тот же квазар, но вступивший в длительный период радиопокоя. Плотное или сверхплотное тело квазара способно разделиться на крупные части, которые, преодолев взаимное тяготение, разлетаются в пространстве. Осколки

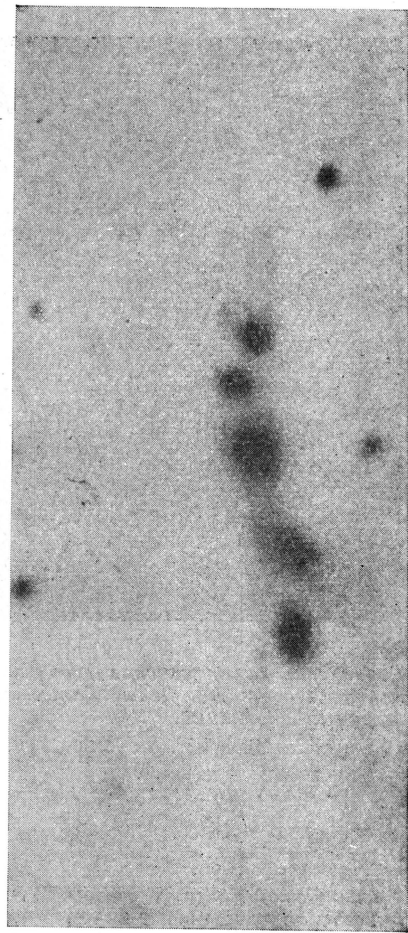
квазара тоже дробятся. Так возникает скопление галактик. Квазары в скоплениях не наблюдаются потому, что они их сами создают, переставая при этом существовать в прежнем виде. Крупные осколки квазаров образуют N-радиогалактики. В периоды радиопокоя их называют голубыми компактными галактиками. Некоторые N-радиогалактики окружены бедными еще скоплениями. Позже или параллельно с N-радиогалактиками возникают главные члены обычных скоплений — гигантские эллиптические галактики, при делении которых образуются различные формы кратных галактик. Их компоненты расходятся и тоже делятся, увеличивая число членов скопления.

Галактики-фрагменты излучают в радиодиапазоне до тех пор, пока в них остается первоначальное плотное, может быть, невидимое вещество, неведомым нам образом порождающее релятивистские электроны. Их торможение в магнитном поле галактик временами вызывает синхротронное, нетепловое излучение в радио- и в оптическом диапазонах, но доля нетеплового излучения по сравнению с тепловым (излучением звезд) по мере фрагментации уменьшается. Наибольшей величины она достигает в квазарах, а в ядрах обычных галактик падает до нуля. Масса квазаров и квазизвездных галактик, согласно

* Недавно получены указания на то, что один квазар, возможно, входит в скопление галактик. См. «Земля и Вселенная», № 1, 1970 г., стр. 53. (Прим. ред.)



Тесная группа шести галактик V-V 116 («Каталог взаимодействующих галактик» Б. А. Воронцова-Вельяминова). В. А. Амбарцумян считает, что эта группа возникла в результате фрагментации родительского тела



Тесная цепочка из пяти галактик V-V 172. Один член этой группы вылетает со скоростью более 21 000 км/сек.

нашей гипотезе, должна составлять 10^9 — 10^{13} масс Солнца*.

Большинство радиоисточников — это две обширные области радиоизлучения, расположенные симметрично и иногда далеко от оптической радиогалактики. Теперь общепризнано, что из радиогалактики или квазара при взрыве выбрасываются в противоположные стороны два облака релятивистской плазмы. Причем, энергия выброса облака плазмы со

скоростью, близкой к световой, примерно равна энергии, нужной для того, чтобы выбросить массу 10^{10} солнечных со скоростью 100—1000 км/сек. Именно такая лучевая скорость наблюдается у галактик в группах и скоплениях.

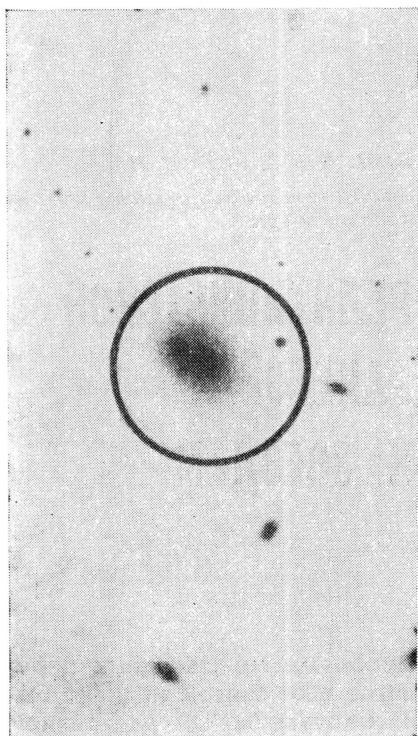
Однако известны четыре тесные группы галактик, в которых лучевая скорость одного компонента резко отличается от остальных. То, что близость такого компонента к остальным лишь кажущаяся, почти невероятно. Приходится допустить, что он был выброшен из группы, или, скорее, из ее родительского тела с особенно большой скоростью. Например, у одного компонента тесной системы NGC 6166 скорость от нас на 1000 км/сек больше, чем у остальных. Такие односторонние выбросы не исключение. Цепочки карликовых га-

лактик, по-видимому, выброшенных только в одну сторону, наблюдаются возле NGC 3561 и IC 1182, а плазменное облако — лишь по одну сторону от квазара 3C 273.

Давно известно, что у эллиптических галактик, входящих в группы и скопления, массы и отношение массы к светимости больше, чем у одиночных галактик. Возможно, что в галактиках — членах групп — сохранилось еще плотное невидимое вещество. Поэтому массы их могут быть, действительно, больше, чем массы галактик, уже лишенных этого вещества.

Предположение о дроблении квазаров на компоненты облегчает понимание переменности квазаров в оптическом и радиодиапазонах. Становится также понятным, почему у линий поглощения, наблюдаемых в спектрах квазаров, разное красное

* Если масса квазара 10^{13} солнечных, а размер его соответствует тому, который определен по вариациям блеска, то на стадии квазара должны нарушаться уже известные законы физики. (Прим. ред.)



Радиогалактика NGC 6166 — главный член скопления галактик. На левом снимке отчетливо видна сложная структура этой галактики (она окружена). Справа — крупномасштабный снимок NGC 6166. У одного компонента этой системы скорость движения по лучу зрения на 100 км/сек больше, чем у остальных

смещение. Разные линии принадлежат разным компонентам, имеющим разное гравитационное красное смещение и разную скорость по лучу зрения.

Есть и некоторые подтверждения

нашей гипотезы. Один квазар приходится в среднем на такой же объем пространства, как и одно большое скопление галактик. Кроме того, квазары концентрируются в зоне, где красное смещение равно 2. Этому

значению соответствует период, когда должны были возникать лишь скопления галактик (миллиарды лет назад). В наше же время, т. е. вблизи нас, все квазары уже успели превратиться в скопления галактик.

БЫЛИ ЛИ «ТРОЯНЦЫ» СПУТНИКАМИ ЮПИТЕРА?

Вокруг Солнца, примерно на таком же расстоянии, что и Юпитер, обращаются 30 астероидов троянской группы. Орбиты троянцев так непохожи на орбиты обычных астероидов, что возникло подозрение: не являются ли они «сбежавшими» спутниками Юпитера?

На этот вопрос попытались ответить сотрудники Лаборатории Луны и планет Аризонского университета (США) Дж. Данлоп и Г. Герельс, которые провели тщательное фотометрическое исследование одного

из троянцев — астероида Гектор. Наблюдать Гектор нелегко: он не бывает ярче 14-й величины, и поэтому довольно сложно отыскать его среди звезд.

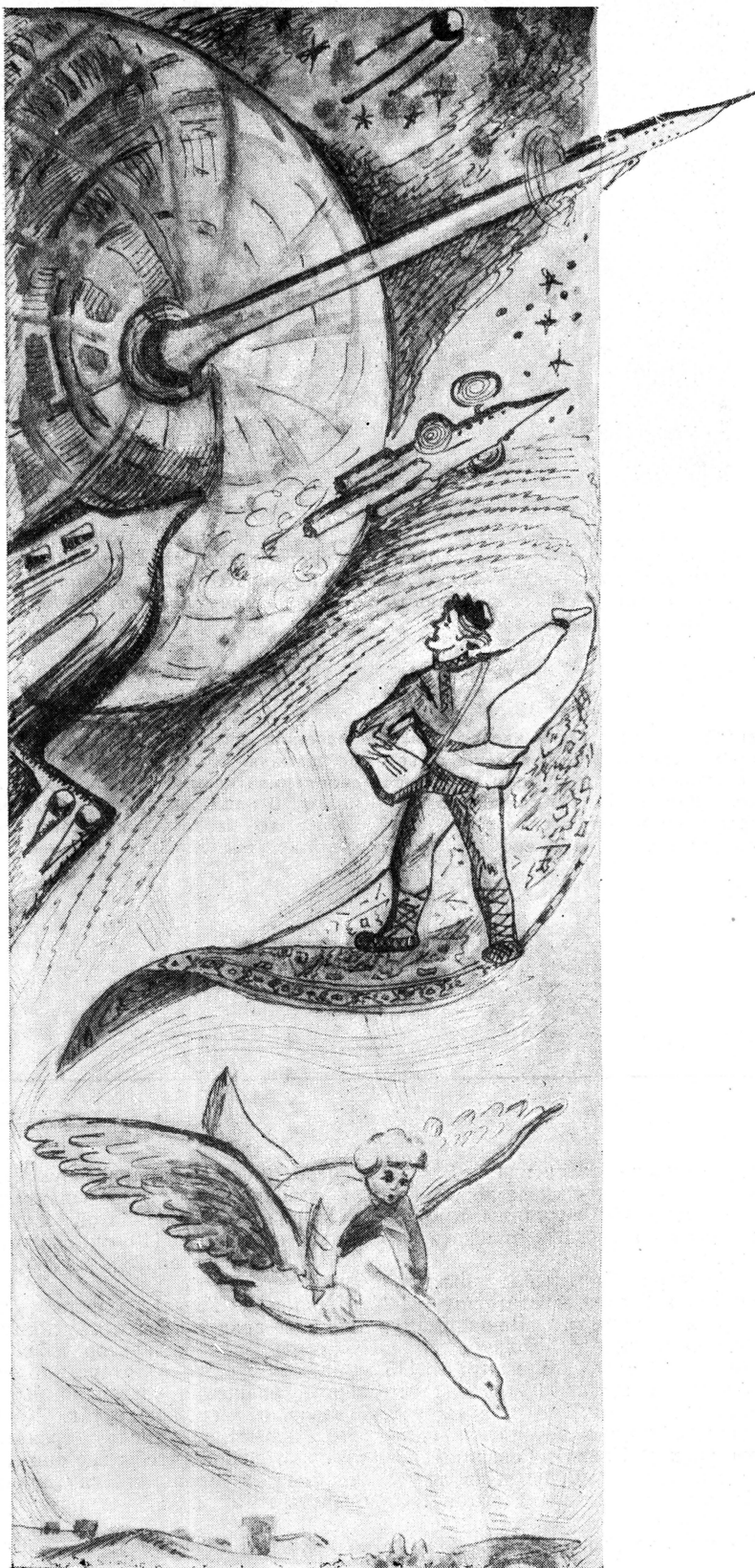
У Гектора обнаружены быстрые колебания блеска, достигающие 1,2 звездной величины. По-видимому, астероид вращается вокруг оси с периодом 6 часов 55 минут 21,115 секунды. Вращение прямое (такое же, как и у Земли), а ось вращения находится почти в плоскости эклиптики (как у Урана). Северный полюс астероида направлен в точку неба с координатами: долгота 324° , широта $+10^\circ$.

По мнению Данлопа и Герельса,

Гектор имеет цилиндрическую форму с полусферическими «шариками» на торцах. Согласно этой модели, длина астероида 110 км, диаметр 40 км, отражает он 28% падающего солнечного света.

Данлоп и Герельс считают, что троянцы вряд ли были спутниками Юпитера. Если бы Гектор «сбежал» с орбиты вокруг Юпитера, то его период вращения составлял бы не 7 часов, а несколько суток. Кроме того, известное число троянцев слишком велико, чтобы все они могли быть в прошлом спутниками планеты-гиганта.

«Sky and Telescope», 38, 5, 1969.



Б. Е. ФЕДЮШИН

кандидат физико-математических наук

РЕЛЯТИВИСТСКОЙ РАКЕТОЙ — К ЗВЕЗДАМ

Проблема межзвездных перелетов еще совсем недавно была безраздельным достоянием лишь писателей-фантастов, теперь ее начинают разрабатывать и ученые.

Как известно, ближайшие звезды удалены от Солнца на расстояния в несколько световых лет. Некоторые из этих звезд (например, звезда Барнарда, ε Эридана и т. Кита) окружены, по-видимому, планетными системами, состоящими из планет различных размеров. Поэтому звездолет с научной экспедицией, снаряженной для исследования одной из ближайших к Солнцу планетных систем, обязательно должен иметь максимальную скорость, близкую к скорости света. Тогда он успеет вернуться обратно на Землю за период жизни одного поколения космонавтов. Медленные межзвездные перелеты с максимальной скоростью, значительно меньшей скорости света, очень длительны. В таком перелете должны участвовать или несколько поколений космонавтов, или весь экипаж звездолета будет вынужден погрузиться в анабиоз. И все же, с точки зрения современной науки, в предвидимом будущем второй случай более реален, чем первый.

Межзвездный перелет можно считать медленным, если максимальная скорость звездолета не превышает $0,2c$ (где c — скорость света), и быстрым, если эта скорость превосходит $0,2c$.

Движение микрочастиц с субсветовыми скоростями, близкими к скорости света, подчиняется релятивист-

ской механике Эйнштейна в полном согласии с опытом. В настоящее время можно полагать, что и макроскопические тела могут двигаться с субсветовыми скоростями. Их движение в этом случае тоже будет описываться релятивистской механикой. Поэтому движение любого звездолета должно, строго говоря, подчиняться законам релятивистской механики тела с переменной массой покоя. Эти законы обобщают классическую механику тела переменной массы, созданную выдающимися учеными И. В. Мещерским и К. Э. Циолковским.

При быстром межзвездном перелете движение самого звездолета подчиняется релятивистским законам, а движение его реактивной струи — законам релятивистской или классической механики. Если же межзвездный перелет медленный, то движение самого звездолета подчиняется законам классической механики, а движение его реактивной струи — классическим или релятивистским законам. Наконец, если межзвездный перелет относится к категории очень медленных, то звездолет превращается в аппарат для перелетов внутри солнечной системы. По нашему мнению, лучше всего проводить теоретические расчеты, предполагая, что движение самого звездолета и движение его реактивной струи подчиняются релятивистской механике, а затем рассматривать различные предельные случаи, перечисленные выше.

ЗВЕЗДОЛЕТ — РЕЛЯТИВИСТСКАЯ РАКЕТА

Сейчас в научной литературе теоретически рассматриваются три типа звездолетов. Первый тип звездолета, предложенный в 1946 г. И. Аккеретом, можно назвать релятивистской ракетой. Релятивистская ракета может быть термоядерной или ионной. Использование химического и даже делящегося ядерного топлива для релятивистских ракет, по нашему мнению, не имеет смысла из-за недостаточного количества выделяющейся энергии. Термоядерная релятивистская ракета несет запасы водорода, который в реакторе превращается в гелий. Таким образом, для ее создания необходимо прежде всего осуществить управляемую термоядерную реакцию и разработать соответствующие реакторы. Тяга создается высокотемпературной гелиевой плазмой, вытекающей из сопел термоядерного реактивного двигателя.

Внутри ионной релятивистской ракеты находятся запасы легкоионизируемого щелочного металла (например, цезия) и источник энергии (термоядерный или даже аннигиляционный реактор), который необходим для ионизации атомов металла и пи-

тания ускорителей ионов. Стало быть, для создания ионной релятивистской ракеты опять-таки необходимо овладеть управлением термоядерной реакцией или реакцией аннигиляции. Ускоренные ионы, вытекающие из сопел ионного реактивного двигателя, вызывают тягу.

ЗВЕЗДОЛЕТ — ФОТОННАЯ РАКЕТА

Второй тип звездолета, предложенный в 1953 г. Е. Зенгером, обычно называют фотонной ракетой. Использование химического, делящегося ядерного и даже термоядерного топлива для фотонной ракеты, по нашему мнению, лишено смысла. Представим, что на ней установлен аннигиляционный реактивный двигатель. Тогда эта ракета включает в себя запасы вещества (например, водорода) и антивещества (например, антиводорода), а также аннигиляционный реактор с магнитным полем. Таким образом, чтобы создать фотонную ракету, необходимо прежде всего научиться получать и длительно сохранять огромные количества антивещества, а также осуществить управляемую реакцию аннигиляции и разработать аннигиляционные реакторы. Магнитное поле придает возникающему при аннигиляции вещества и антивещества гамма-излучению направленный характер. Тягу создает поток гамма-фотонов, вытекающий из сопел аннигиляционного реактивного двигателя, так что скорость истечения равна скорости света. Сооружение фотонной ракеты связано с преодолением ряда трудностей принципиального характера (получение и длительное хранение антивещества, создание гамма-фотонной тяги воздействием магнитного поля на смесь вещества и антивещества в аннигиляционном реакторе). Ясно, что изготовить фотонную ракету неизмеримо сложнее, чем термоядерную или ионную.

В предвидимом будущем, возможно, удастся осуществить управляемую цепную реакцию получения антивещества и построить для фотонной ракеты специальный реактор, где непрерывно в относительно небольших количествах будет вырабатываться антивещество для бесперебойной подачи в аннигиляционный реактор. Эта идея заслуживает, по нашему мнению, внимания, так как она разрешает труднейшую проблему длительного хранения огромных количеств антивещества внутри фотонной ракеты*.

* Б. К. Федюшин. «Межзвездные перелеты». Сб. «Будущее науки», вып. 1, Изд-во «Знание», 1966 г., стр. 109—118.

МЕЖЗВЕЗДНЫЙ САМОЛЕТ

Третий тип звездолета, предложенный Р. Бюссаром в 1960 г., по аналогии с самолетом, на котором установлен прямоточный реактивный двигатель, называется межзвездным самолетом. На звездолете устанавливается экран, который собирает межзвездный водород и направляет его в термоядерный реактор, где водород превращается в гелий. Тяга создается так же, как и в термоядерной релятивистской ракете.

Поскольку в 1 см^3 межзвездного пространства содержится в среднем около одного атома водорода, то экран должен иметь огромные размеры, исчисляемые тысячами километров. Межзвездный самолет поэтому будет гораздо более громоздким, чем релятивистские ракеты. Однако отсутствие антивещества является большим достоинством этого звездолета.

Огромные размеры экрана не позволяют, по нашему мнению, соорудить его даже в отдаленном будущем. Единственный выход состоит в том, чтобы вместо экрана, состоящего из какого-то вещества, создать вокруг межзвездного самолета мощные электромагнитные поля, которые будут собирать межзвездный водород и направлять его в термоядерный реактор. Но это лишь теоретический выход, поскольку неясно, каким образом в отдаленном будущем удастся создать такие поля.

ЧТО ПОКАЗЫВАЮТ РАСЧЕТЫ

В настоящее время релятивистская механика тела с переменной массой покоя позволяет построить общую теорию релятивистских ракет с однокомпонентной и даже многокомпонентной реактивной струей.

Вычисления убеждают нас, что использование термоядерного топлива не позволяет добиться субсветовых скоростей истечения. То же самое, но в гораздо большей степени, справедливо при использовании делящегося ядерного и химического топлива.

Субсветовые скорости истечения могут быть достигнуты на ионной релятивистской ракете при наличии аннигиляционного реактора. Это лишний раз подтверждает, насколько велико значение управляемой реакции аннигиляции для межзвездных перелетов.

Представим себе многоступенчатую релятивистскую или фотонную ракету, предназначенную для прямого и обратного межзвездного перелета. Первая ступень разгоняет звездолет до максимальной скорости, а вторая включается для того, чтобы тормозить его движение вблизи выбранной для исследования планетной системы,

Третья ступень служит для разгона звездолета на обратном пути до той же максимальной скорости, а четвертая — для торможения около Земли. На Землю возвращается только жилой отсек звездолета.

Предположим, что все четыре ступени состоят только из топлива, а масса покоя отсека не изменяется во время межзвездного перелета. Релятивистская ракетодинамика позволяет определить стартовую массу такого звездолета. Можно произвести и более реальные расчеты, учитывающие массы конструкции ступеней. Кроме того, можно представить себе и одноступенчатую релятивистскую или фотонную ракету с жилым отсеком. При этом одноступенчатая ракета, предназначенная для прямого и обратного межзвездного перелета, будет иметь относительно более легкие конструкции, чем многоступенчатая.

Расчеты показывают, что термоядерные релятивистские ракеты пригодны только для медленных межзвездных перелетов, а ионные релятивистские и фотонные ракеты как для медленных, так и для быстрых. Однако фотонные ракеты требуют огромных количеств антивещества. Поэтому исследователи считают, что сооружение этих ракет в предвидимом будущем менее вероятно, чем постройка термоядерных ракет или ионных ракет с термоядерными реакторами. Это мнение, конечно, основано на имеющихся в настоящее время представлениях о получении и хранении антивещества.

Если учесть массы конструкции ступеней ракеты, то окажется, что стартовые массы сильно возрастают по сравнению со своими наименьшими значениями и составляют десятки и сотни млн. т. Эти цифры фантастичны.

КАКОЙ ВЫБРАТЬ ЗВЕЗДОЛЕТ?

Итак, с точки зрения современной науки мы можем полагать, что для свершения в будущем межзвездных перелетов наиболее перспективны релятивистские (а не фотонные) ракеты и, конечно, не межзвездные самолеты. Медленные межзвездные перелеты более вероятны, чем быстрые. В настоящее время необходимо продолжать разработку теории релятивистских и фотонных ракет, а также нужно искать новые пути осуществления межзвездных перелетов. По нашему глубокому убеждению, эти поиски должны быть связаны с изучением микроструктуры пространства и времени.

В предвидимом будущем выяснится, возможны ли межзвездные перелеты, а пока их нельзя считать принципиально неосуществимыми.



ПОИСКИ КВАРКОВ ПРОДОЛЖАЮТСЯ

Кварки — это гипотетические субэлементарные частицы, из комбинации которых, по мнению физиков-теоретиков, состоят все обычные «элементарные частицы». Кваркам приписывают дробный заряд ($1/3$ или $2/3$ от заряда электрона) и массу, более чем в 10 раз превышающую массу нуклонов (протонов и нейтронов).

Были предложены различные тонкие эксперименты, с помощью которых ученые надеялись обнаружить кварки. Так, в МГУ, «подвешивали» в магнитном поле без трения частицы графита. На частицу воздействовали электрическим полем, отмечая

потерю частицей каждого отдельного электрона. Но ни в этих, ни в более усовершенствованных опытах, которые поставили советские ученые (В. Б. Брагинский и др.), обнаружить кварки не удалось.

Значит ли это, что кварки вообще не существуют? Пожалуй, преждевременно делать такой далеко идущий вывод, с которым, в частности, связаны фундаментальные положения теории горячей Вселенной. Преждевременно потому, что поиски кварков продолжаются.

В августе 1969 г. на Международной конференции по космическим лу-

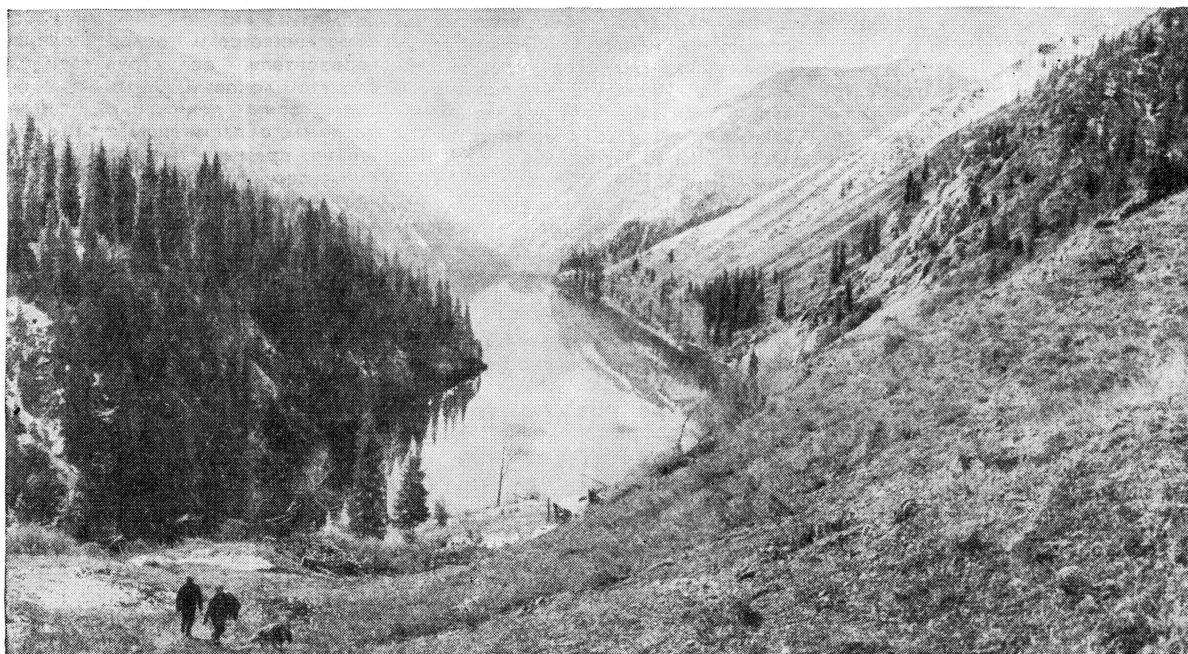
чам (Будапешт) был представлен ряд работ, посвященных поискам кварков. Вероятно, наиболее интересна работа австралийского ученого Дж. Мак-Каскера (Сиднейский университет). Мак-Каскер рассказал, что он и его сотрудники обнаружили несколько частиц с зарядом около $2/3$ заряда электрона. В камере Вильсона исследовались следы ливня, вызванного столкновением в земной атмосфере космической частицы с ядрами атомов кислорода и азота. Это сообщение, которое, конечно, еще нельзя рассматривать как бесспорное открытие гипотетических частиц, может воодушевить тех, кто занимается поисками кварков.

«Вестник АН СССР», 1, 1970, 38, 39, 66



Смотрящие в глубь Земли

(Заметки участников совещания)



Солнечный, с легким морозцем алма-атинский день сменил московскую ночь, полную тревог и надежд прорваться сквозь ненастье и успеть на II Всесоюзное совещание по изучению коры и верхней мантии Земли методами сейсмологии взрывов.

Мы у цели: аккуратные прямоугольники кварталов, колорит базара, шашлыки на улице, уютные номера гостиницы, и вокруг... «горы далекие, горы туманные, горы...». А главное — радушные хозяева совещания: геологи и геофизики Казахстана. Они позаботились об условиях нашей работы, быта, досуга.

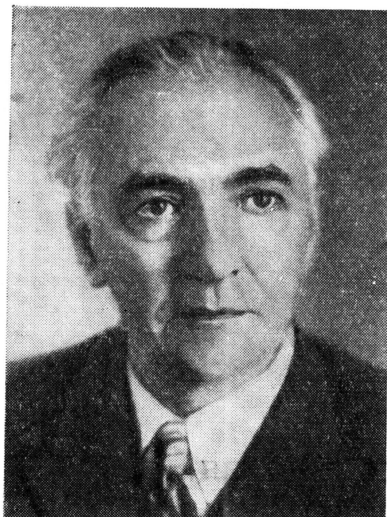
Институт геологических наук АН

КазССР имени К. И. Сатпаева встретил 234 представителя от 52 научных и производственных организаций. Сейсмики, математики, геологи... прилетели, приехали, пришли из Новосибирска, Ленинграда, Киева, Алматы, чтобы встретиться, поговорить, разобраться... Всех объединяет предмет исследования — земная кора и метод ее изучения — сейсмические волны.

На стенгазете в фойе крупным шрифтом написано: «What is explosion sismology?—Так это же ГСЗ!...» Идея глубинного сейсмического зондирования была впервые высказана Г. А. Гамбурцевым. На совещании

присутствуют его соратники, проводившие первые исследования: И. С. Берзон, П. С. Вейцман, Е. И. Гальперин, И. П. Косминская и другие. Дитя сейсмологии и сейсморазведки — ГСЗ унаследовало принципы и методику этих наук. Первые же шаги «новорожденного» (работы на Тянь-Шане и Памире в 1948 и в последующие годы) показали его жизнеспособность и обещающие перспективы: регистрируя упругие волны от небольших взрывов на расстоянии нескольких сот километров, удалось изучить земную кору до глубин в десятки километров.

Первоначально в ГСЗ господствовали



Академик Г. А. Гамбургцев (1903—1955) — основатель метода глубинного сейсмического зондирования

ли представления о коре, заимствованные у сейсмологов: под поверхностными осадками залегают два толстых однородных кристаллических слоя, скорости распространения сейсмических волн в которых близки к скоростям в гранитах — 6 км/сек и базальтах — 7,0 км/сек. С годами модель уточнялась, метод мужал, сложнее становились проблемы и неизбежные противоречия.

К I Всесоюзному совещанию (Москва, ноябрь 1960 г.) ГСЗ приобрело в глазах геологов и геофизиков авторитет опорного метода изучения земной коры. Стало ясно, что его ре-

зультаты помогут разобраться в сложных проблемах эволюции континентов и океанов, горообразовательных процессов, связи глубинных структур с поверхностным рельефом и размещением полезных ископаемых, в прогнозе землетрясений и проектировании сверхглубоких скважин.

Минуло еще девять лет. Общая длина профилей на земном шаре превысила половину расстояния до Луны. На карте Союза они образовали причудливую сеть: более 200 разрезов, и каждый — окошечко в недра.

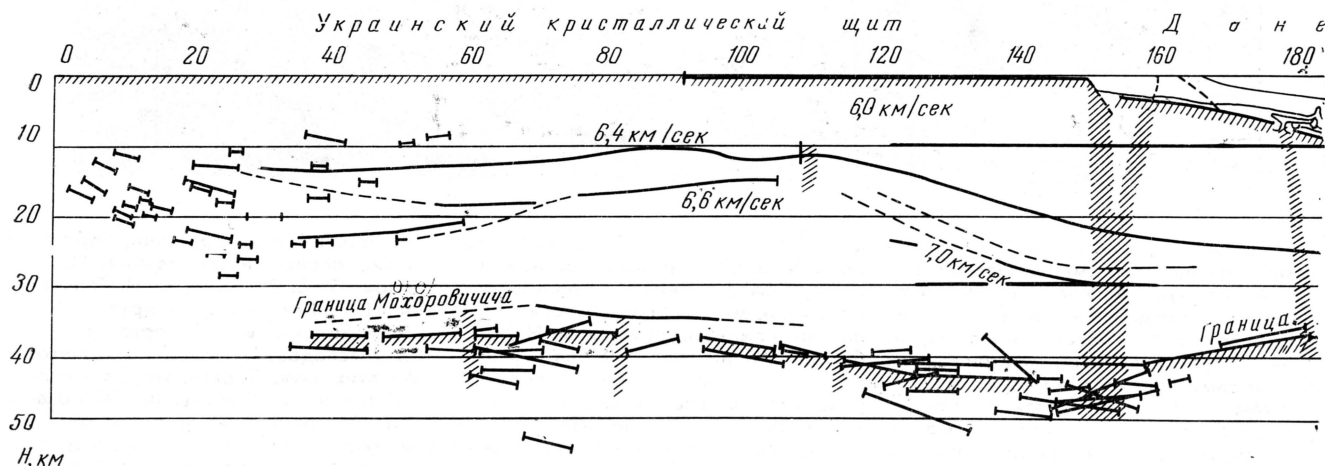
Днем и ночью, на суше и на море, с сейсмографами и гидрофонами, непрерывным профилированием и точечным зондированием, на фотобумаге и магнитной ленте записывают геофизики взрывные волны. Получить такие записи очень трудно. Но еще сложнее обратить их в карты, схемы, разрезы, чтобы хоть в какой-то мере ощутить свойства глубин, которые не попробуешь наощупь. Орнамент из сейсмических разрезов украшал стены фойе Института геологических наук. Среди них наиболее содержательные и интересные — разрезы Казахстана (И. К. Пушкарев и др.), Украины (Н. П. Павленкова и др.), Карелии (И. В. Литвиненко и др.).

Участникам совещания предложили выслушать 71 доклад по общим проблемам изучения земной коры и верхней мантии, теории сейсмических волн, методике специальных исследований, методам и результатам комплексной интерпретации геофизических полей.

Земная кора предстала во всем своем разнообразии: однородная и

тонкая в океанах (всего 5—10 км под дном), сложная и мощная на континентах (40—45 км), еще более мощная, образующая «корни», — под горами (50—70 км). Повсюду в коре выделяются две резкие границы: осадки — кристаллическая кора, кора — мантия, при переходе через которые скорости сейсмических волн возрастают скачкообразно. Скорость в кристаллической коре растет с глубиной от 5,6—6 до 7—7,5 км/сек, но характер этого роста даже в пределах одного типа строения коры резко меняется. На континенте есть районы (Украина, Карелия), где можно выделить дополнительные слои со скачками скоростей и участки (некоторые районы Казахстана), в которых скорость нарастает плавно: промежуточных границ нет. При переходе к мантии скорость, как правило, резко увеличивается до 8,0—8,4 км/сек. Но в рифтовой зоне Байкала, а также на Камчатке она имеет аномально низкие значения. Всюду кора меняется и по вертикали, и по горизонтали, ее структура имеет слоисто-блоковый характер. Тонкие слои, зоны пониженной скорости, разломы, области аномального поглощения, прерывистые границы и границы скачка градиента скорости — все это хотят знать исследователи. Об этом говорилось на совещании, но мы остановимся лишь на теории и методах интерпретации — темах, которые сосредоточили, на наш взгляд, логику и эмоции развития ГСЗ.

На двадцать первом году жизни ГСЗ оказалось в трудной ситуации — в своеобразном переходном возрасте. Прошла пора радостного зна-



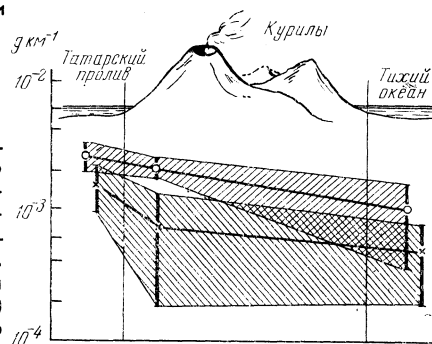
Сейсмический разрез по данным ГСЗ (Н. И. Павленкова и др.). Разрез иллюстрирует современные представления о слоисто-блоковом строении земной коры и возможности метода ГСЗ. Земная кора состоит из нескольких слоев с разными скоростями сейсмических волн, разделенных границами (1, 2, 3, 4, 5, 6). Рельеф этих границ и скорости меняются в каждом слое вдоль профиля (скорости обозначены числами). Отмечаются и более тонкие особенности строения: элементы среды, на которых происходит дифракция волн (7), прерывистые границы (8), глубинные разломы (9), а также слой пониженной скорости (волновод)

комства с простыми классическими закономерностями в строении коры и закономерностями в особенностях распространения сейсмических волн. Дифференцируя и совершенствуя методы наблюдений и интерпретации, ГСЗ порождает такой поток информации, что подчас само не в силах его «переварить». За деталями часто теряется суть. Недаром бытует афоризм «Чем больше мы изучаем среду, тем меньше мы о ней знаем». Процесс интерпретации уподобляется «акту искусства» (взгляд оптимистов) или «снежным мостам над пропастью незнания» (взгляд пессимистов)...

Вот тут-то и приходит на помощь теория... К моменту первого совещания по ГСЗ развитие динамической теории распространения сейсмических волн (Г. И. Петрашень и его школа) вызвало переворот в представлениях о коре и роли различных типов сейсмических волн в формировании сейсмической записи. Тогда новые подходы встречали даже сопротивление. На первом совещании только один доклад был посвящен теоретическим вопросам.

Прошедшие годы принесли новой теории заслуженное признание. Главное — это то, что теорию освоили экспериментаторы.

Но вернемся в зал совещания. Докладчики рассказали о способах расчета волн в сложных, близких к реальным, моделях: с тонкими и переходными слоями (работы отдела сейсморазведки Института физики Земли АН СССР под руководством И. С. Берзон), а также в слоисто-блоковой модели с произвольным распределением скорости (А. С. Алексеев, Вычислительный центр СО АН СССР).



Коэффициент мутности — новый сейсмический параметр среды. Он определяет потерю энергии сейсмических волн на каждом километре пути из-за рассеяния на мелких скоростных неоднородностях. Коэффициент имеет размерность км^{-1} и сильно зависит от частоты сейсмических волн. По величине коэффициента можно судить о неоднородностях в Земле (менее 3—4 км). Верхняя полоса на рисунке показывает диапазон значений коэффициента мутности для земной коры, а нижняя — для мантии в зоне перехода от континента к Тихому океану. Как видно, по величине коэффициента мутности можно разделить кору и верх мантии, а также провести районирование сложной переходной зоны. Оказалось, что земная кора «мутнее» мантии, а обе — становятся «прозрачнее» при переходе от континента к морским районам

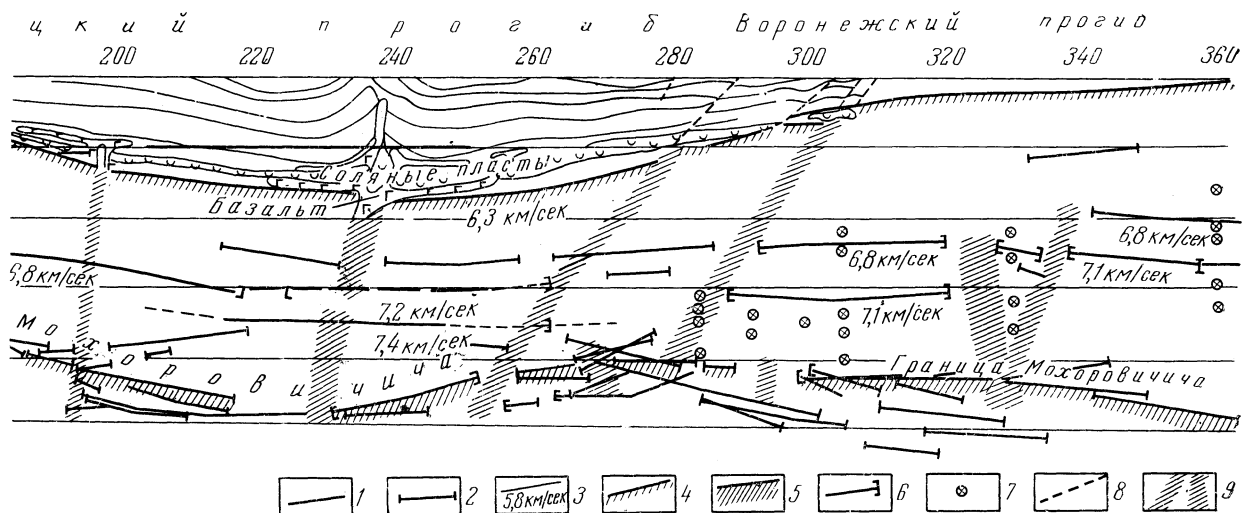
ев, Вычислительный центр СО АН СССР).

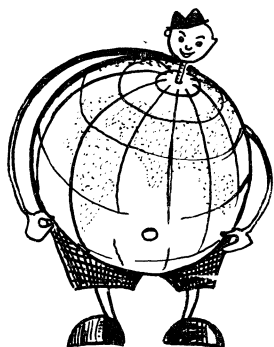
Вместе с теорией в процедуру интерпретации данных ГСЗ прочно вошли вычислительные машины. Они используются не только при расчетах прямых задач, но и при выделении сигнала на фоне помех, корреляции волн, осреднении данных.

Облегчает ли жизнь машина? В каком-то смысле — нет. Но дело не в этом. Она позволяет ставить и решать задачи, о которых сейсмологи раньше и не мечтали (вернее, лишь мечтали). Например, искать решения, анализируя тысячи возможных вариантов ответа. Без машин было бы спокойнее и легче. Теперь же каждое открытие достается труднее, но тем оно и дороже!

Ряд докладов был посвящен обратной сейсмической задаче — определению строения коры по записям на сейсмограммах. К ее решению наметились два подхода — аналитический и метод перебора.

Аналитический подход — это строгое математическое решение уравнений распространения сейсмических волн (волновых уравнений). При таком подходе можно основываться или только на временах пробега сейсмических волн — кинематический метод, или использовать всю форму записи сейсмических волн, включая амплитуды и периоды, — динамический метод. О новых результатах теоретических работ рассказали на совещании А. С. Алексеев и его сотрудники. Они обобщили классическое решение, когда законы изменения скорости с глубиной (скоростные разрезы) устанавливают по

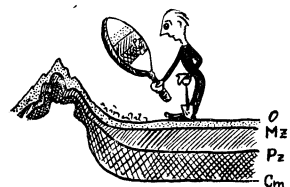




Наиболее принципиальный участок земного шара



Последовательность интерпретации сейсмограмм — это снежные мосты над пропастью незнания



Мы рассчитали это обнажение, чтобы увереннее принять модель горизонтально - слоистой коры

сейсмическому годографу. Теперь скоростные разрезы удастся определять для сложной модели, достаточно близкой к реальной Земле: скорость сейсмических волн зависит от трех пространственных координат. Однако в Земле существуют зоны пониженной скорости — волноводы. В этом случае точное аналитическое решение возможно лишь при условии, что источники сейсмических волн расположены на разных глубинах и обязательно над волноводом и под ним. Однако взрывы ГСЗ проводятся на поверхности, и поэтому для точного построения скоростного разреза одних годографов недостаточно. Необходимо решать обратную динамическую задачу. Пока нашли ее строгое решение лишь для весьма идеализированной модели среды.

Некоторые исследователи предпочитают изучать скоростное строение земной коры методом перебора на ЭВМ. Они рассматривают множество гипотетических моделей. Для каждой рассчитывают годографы и амплитудные кривые. Те модели, которые имеют расчетные характеристики, близкие к экспериментальным, наблюдаемым в природе, считаются решением обратной динамической задачи. Алгоритмы и программы такого поиска решения обратной задачи разработаны в Институте физики Земли АН СССР (В. П. Валюс), в Ленинградском отделении Математического института и Ленинградском Государственном университете (Т. Б. Яновская, Н. Н. Матвеева, И. Я. Азбель). Сочетание ознакомилось с первым опытом применения машин для решения обратной задачи ГСЗ. Были представлены построенные по годографам и амплитудным кривым скоростные разрезы коры континентального и океанического типа в зоне перехода от Азиатского материка к Тихому

океану. При этом выяснилось, как неоднозначность решения задачи зависит от полноты и качества сейсмических данных. В другом сообщении приводились предварительные результаты построения на ЭВМ по годографам ГСЗ скоростных разрезов верху мантии. Было выявлено большое разнообразие строения в разных районах суши и моря и показана возможность существования слоя пониженной скорости в верху мантии. ...Дискуссия вновь и вновь возвращается к коренному вопросу интерпретации — выбору эффективной сейсмической модели среды.

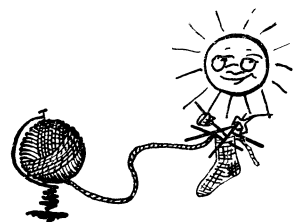
Выясняется следующее. Во-первых, нельзя одновременно подробно изучить земную кору и уточнить каждую деталь. Между ними существует отношение подставить «принципу неопределенности» квантовой физики. Во-вторых, сейсмическая волна «видит» землю разной — тонко- или толстослоистой, в зависимости от частоты колебаний, типа волны и угла ее падения на границы слоев. Наконец, модель определяется целью исследования, уровнем исходных знаний и желанием геофизика: некоторые детали отличия от реальной среды могут его просто не интересовать.

Но как же выбрать модель, оптимальную с точки зрения ее соответствия эксперименту?

В поисках ответа следует обратиться к случайности, вероятности, статистике... О новой сейсмической, так называемой Лю — модели, увлекательно рассказал на совещании Б. Я. Гельчинский. Сколь изящная, столь и трудная для понимания, она содержит следующую основную идею. Вместо очень сложной детерминированной модели вводится набор упрощенных моделей, в которых параметры меняются по мере распространения волны случайным образом (ана-



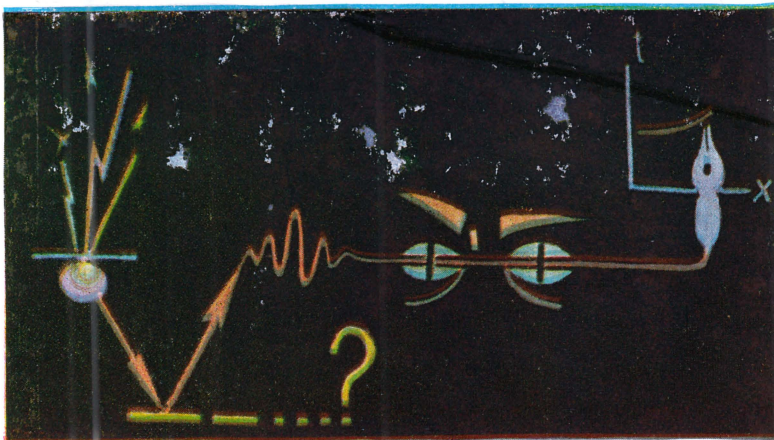
Не всякая петля нам страшна



Сейчас длина профилей ГСЗ достигает половины расстояния до Луны. Когда она достигнет половины расстояния до Солнца, геофизикам делать будет нечего

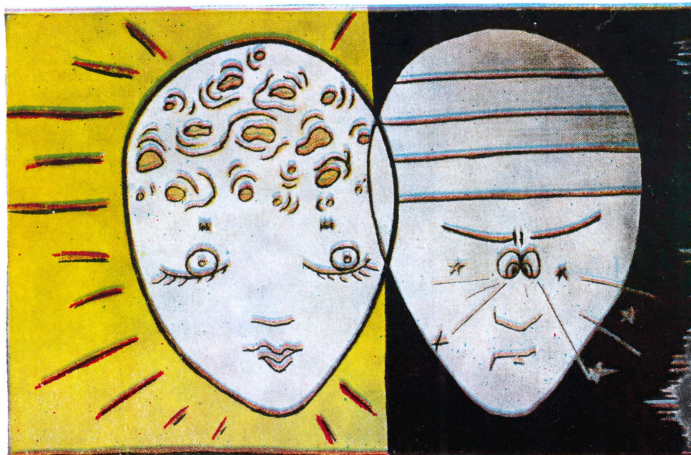
Юмористические рисунки выполнены Т. А. Янушевич. Подписи к ним — цитаты из докладов.

Перед отъездом на совещание в Алма-Ату авторы статьи «Смотрящие в глубь Земли» получили от журнала «Земля и Вселенная» строгий наказ: запомнить самое интересное и рассказать лишь о том, что будет не очень скучно читателям, не искушенным в геофизике. Выполнить это задание помогли рисунки Т. А. Янушевич и стенограммы

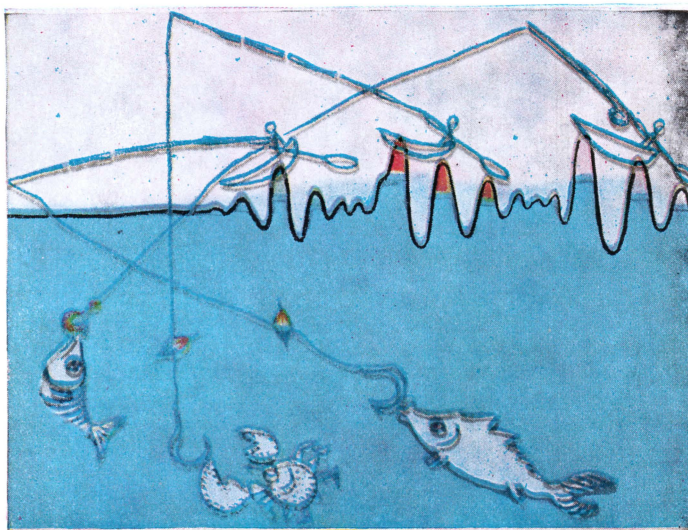


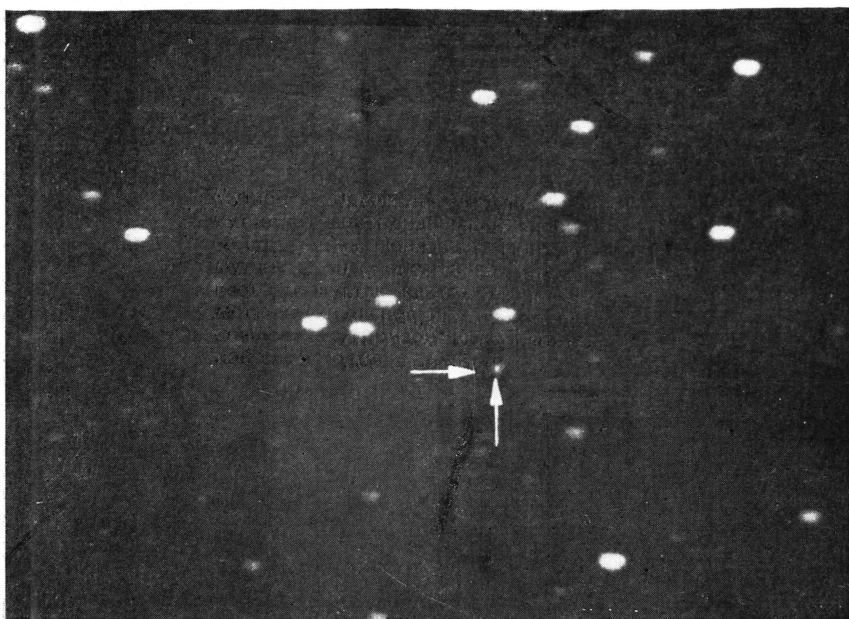
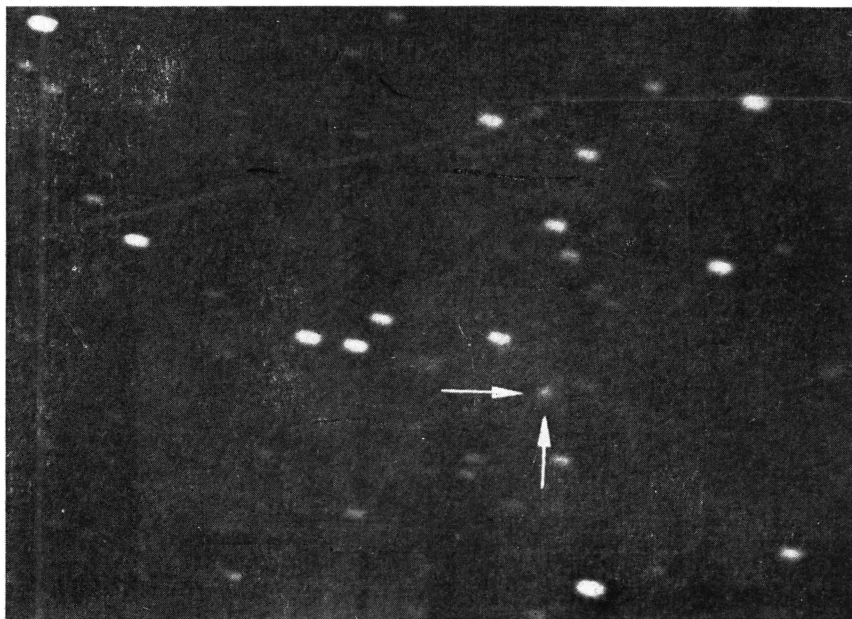
Были ли прежде в геофизике методы обработки объективнее прищуренного глаза?

Мутность Земли — это мутность наших знаний о ее строении... Понятие о мутности не затуманивает голову так, как геометрически ясное представление о горизонтальной слоистости.



На каждой сейсмограмме достаточно волн, чтобы объяснить любую предвзятую гипотезу





Первые фотографии новой короткопериодической кометы Чурюмова—Герасименко (комета отмечена стрелками). Они получены 9 сентября 1969 г. на 50-сантиметровом менисковом телескопе Астрофизического института АН КазССР. Интервал между снимками 40 минут. Заметно перемещение кометы относительно звезд (к ст. К. И. Чурюмова).

логия с блуждающими частицами в броуновском движении). Математически они описываются диффузионным уравнением теплопроводности Лонжевена. (От начальной латинской буквы этой фамилии происходит первая буква в названии модели. Буква «ю» — объясняет автор — для русского колорита). Преимущество нового подхода в том, что главные геолого-геофизические особенности среды отображаются в типе упрощенной модели. Расчеты сейсмического поля для такой модели оказываются простыми. А второстепенные особенности учитываются в «среднем» в виде статистических параметров. Новая модель логически непротиворечива и содержит мало ограничений. Однако ее эффективность пока не проверена сейсмическим экспериментом.

Другая модель со случайным изменением сейсмических параметров — мутная среда*. Она давно принята в гидро- и атмосферной акустике. В сейсмоку эту модель ввел А. В. Николаев. Не все участники совещания справились с искушением составить по поводу «мутности». Однако стало очевидным, что опасения,

* См. А. В. Николаев. Сейсмические волны о недрах Земли. «Земля и Вселенная», № 6, 1968 г.

звучавшие два года назад («первый шаг в неизведанном направлении, но, возможно, и последний?»), не оправдались. А. В. Николаев и его последователи показали, что в рамках новой модели можно интерпретировать сейсмический эксперимент разного масштаба и частотного диапазона. Основные экспериментальные закономерности соответствуют предсказаниям теории. Новый параметр — коэффициент мутности — позволяет более полно описывать Землю, особенности строения коры и мантии и их различие в разных регионах.

...Вместе с Комиссией по составлению решения оценим дальнейшие задачи и перспективы ГСЗ. Возможности метода не всегда ясны, но еще и не все исчерпаны. Ближайший этап деятельности, пожалуй, остается аналитическим. Его основа — дальнейшее накопление фактов и высокое качество наблюдений. А качество материала зависит от техники и аппаратуры. Это — «ахиллесова пята» ГСЗ. Поэтому все интерпретаторы мечтают, чтобы была создана стандартная аппаратура с воспроизводимой записью и вводом на ЭВМ. Абсолютные измерения амплитуд, трехкомпонентные широкополосные записи, поперечные волны, спектральные характеристики — в будущем обязательные атрибуты интерпретации для множества регионов, создадут

такое многообразие фактов, которое грозит поглотить самый смысл исследования. Можно привлечь к этапу корреляции волн, систематизации характеристик волнового поля, оценке всех вариантов решения обратной задачи неутомимых и бескомпромиссных помощников — электронные вычислительные машины. Но только помощников, потому что никто, кроме самих исследователей, не решит актуальных и сложных проблем развития теории, описания процесса формирования волнового поля, выяснения физического характера сочленения слоев и блоков, зон пониженной скорости, неоднородности и анизотропности вещества коры и мантии.

И когда в хаосе фактов проявятся закономерности, когда на гребнях отдельных находок забрезжит вершина — эпоха синтеза, по-новому будет понята Земля. Надежда быстро достичь этого уровня не так уж велика. Но, по крайней мере, некоторые вехи на этом пути мы сможем расставить на следующем совещании по ГСЗ, которое намечено на 1974 г.

И. Н. ГАЛКИН
кандидат физико-математических наук

В. З. РЯБОЙ
кандидат технических наук

Одесский пленум Центрального совета ВАГО

В феврале 1970 г. в Одессу приехало свыше 120 представителей отделений ВАГО. Здесь был созван очередной пленум ЦС ВАГО.

Кроме традиционных общих заседаний, посвященных отчетному докладу Центрального совета и его обсуждению, работали три секции — астрономическая, геодезическая и учебно-методическая, а также состоялось заседание группы исследователей серебристых облаков.

Пленум заслушал доклады М. А. Дирикиса и В. П. Цесевича о работе Литовского и Одесского отделений ВАГО. В докладах и во время дискуссий много внимания уделялось народным обсерваториям. Проекты народных обсерваторий разработа-

ны*, но средств на их строительство недостаточно и, самое главное, невозможно приобрести телескопы. Правда, в Москве, Баку, Риге и некоторых других городах астрономы-любители изготавливают самодельные телескопы-рефлекторы, но в значительных количествах, поэтому необходимо организовать промышленное производство телескопов для народных обсерваторий.

* Читатели нашего журнала уже знакомы с проектами народных обсерваторий, разработанными под руководством И. М. Безчастнова. См. «Земля и Вселенная», № 2, 1968 г., стр. 75. (Прим. ред.)

На пленуме выступил П. П. Аргунов — создатель катадиоптрических систем телескопов. Сейчас под его руководством в Одесской обсерватории строится 65-сантиметровый телескоп (проект П. П. Аргунова и Л. С. Паулина). А в будущем проектируется создание телескопа большего размера.

Философским вопросам астрономии был посвящен доклад В. В. Казютинского. С. Г. Судаков и К. А. Порцевский рассказали о задачах ВАГО в связи с 100-летним юбилеем Владимира Ильича Ленина.

Президент ВАГО Д. Я. Мартынов сделал обзор современных данных о Венере и Марсе. Он объяснил высокую температуру поверхности Вене-

ры своеобразным парниковым эффектом в ее атмосфере и продемонстрировал прекрасные фотографии поверхности Марса. Н. П. Лаврова зачитала совместный с В. Д. Большаковым доклад «Фотографирование Луны и Земли с автоматических станций». Это был исключительно интересный и обстоятельный анализ превосходных цветных фотографий Луны и нашей планеты.

Участники пленума с большим вниманием выслушали доклад К. Л. Проворова о задачах научно-исследовательской работы в области инженерной геодезии*.

* По материалам этого доклада в «Земле и Вселенной» будет опубликована статья. (Прим. ред.)

Интересы любителей астрономии нашли свое отражение в работе астрономической секции. Доклад В. А. Бронштэна, зачитанный В. Г. Поповым, был посвящен итогам первого слета юных астрономов, который состоялся летом 1969 г. в Шемахе (АзербССР). О наблюдениях, которые могут проводить любители астрономии, рассказали В. П. Цесевич, Е. Н. Крамер и М. М. Дагаев.

На заседаниях учебно-методической секции обсуждались вопросы преподавания астрономии в школе. Многие выступающие отмечали, что новый учебник астрономии не удовлетворяет требованиям, которые предъявляют к нему учителя средней школы. Решено рассмотреть вопрос о параллельном издании давно под-

готовленной к печати рукописи нового учебника астрономии (автор Е. П. Левитан).

На пленуме был объявлен состав Организационного комитета пятого съезда ВАГО, который состоится в сентябре 1970 г. в Казани, и вручены почетные грамоты активным членам ВАГО.

После пленума его участники совершили экскурсии по городу и памятным партизанским местам Одессы (в катакомбы), а также на загородную наблюдательную станцию Одесской астрономической обсерватории (село Маяки). Участники пленума посетили гордость Одессы — театр оперы и балета.

В. П. ЦЕСЕВИЧ
профессор



**ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ
АСТРОНОМИЯ**

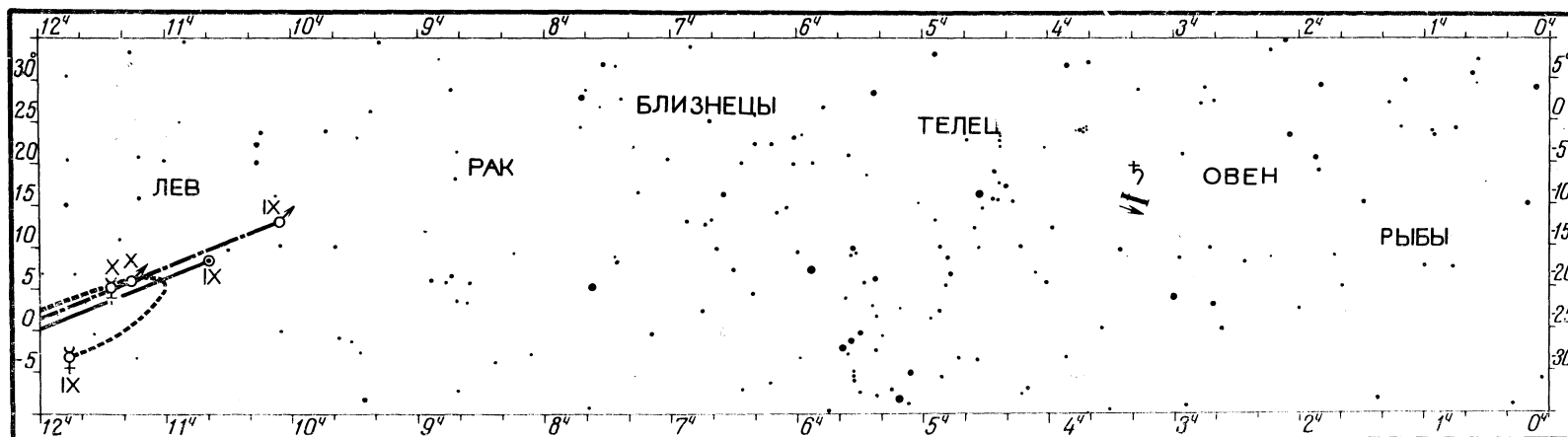
КАРТА ВИДИМЫХ ПУТЕЙ ПЛАНЕТ В СЕНТЯБРЕ — ОКТЯБРЕ 1970 ГОДА

Карта состоит из двух частей зодиакального пояса: зимней (прямые восхождения от 0 до 12^ч, склонения от — 10 до + 35°) и летней (прямые восхождения от 12 до 24^ч, [склонения от — 10 до — 35°). Звезды нанесены до 4,75 звездной величины.

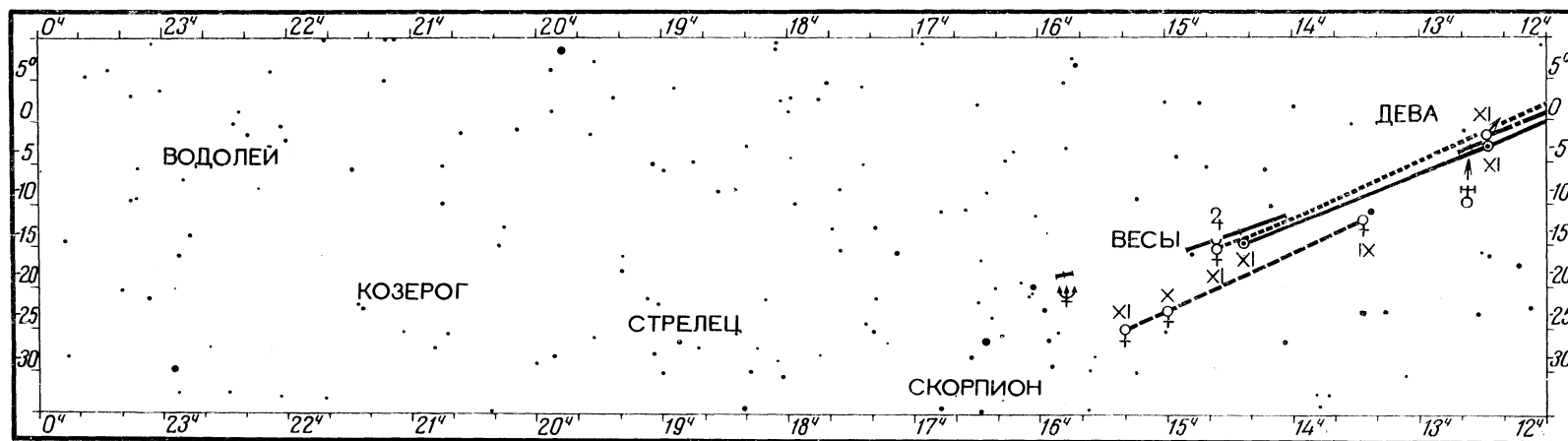
Пути планет (кроме Плутона) и Солнца изображены линиями или штрихами и отмечены значками. Римские цифры IX, X, XI соответствуют положению светил на первые числа сентября, октября и ноября.

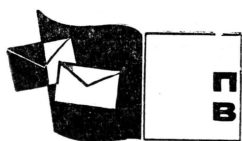
На протяжении сентября и октября лучше всех планет виден Сатурн (в ночные часы). Приблизительно 1 октября Меркурий находится в утренней элонгации. Марс тоже расположен к западу от Солнца, наблюдать его можно только по утрам. Венера почти не видна, поскольку ее склонение значительно ниже (южнее) солнечного; Юпитер, Уран и Нептун близки к Солнцу, поэтому условия их видимости неудовлетворительны.

В. С. ЛАЗАРЕВСКИЙ



☉ — СОЛНЦЕ ☿ — МЕРКУРИЙ ♀ — ВЕНЕРА ♂ — МАРС ♃ — ЮПИТЕР ♄ — САТУРН ♅ — УРАН ♆ — НЕПТУН





ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ



КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

Уважаемая редакция!

На протяжении двух лет я занимаюсь фотографированием Луны и планет.

Посылаю Вам фотографии Сатурна, Венеры и Луны. Они получены с по-

мощью телескопа-рефрактора АBR-3 ($D = 130$ мм, $F = 1950$ мм) и фотоаппарата «Зенит-3М».

Н. КАРДАКОВ

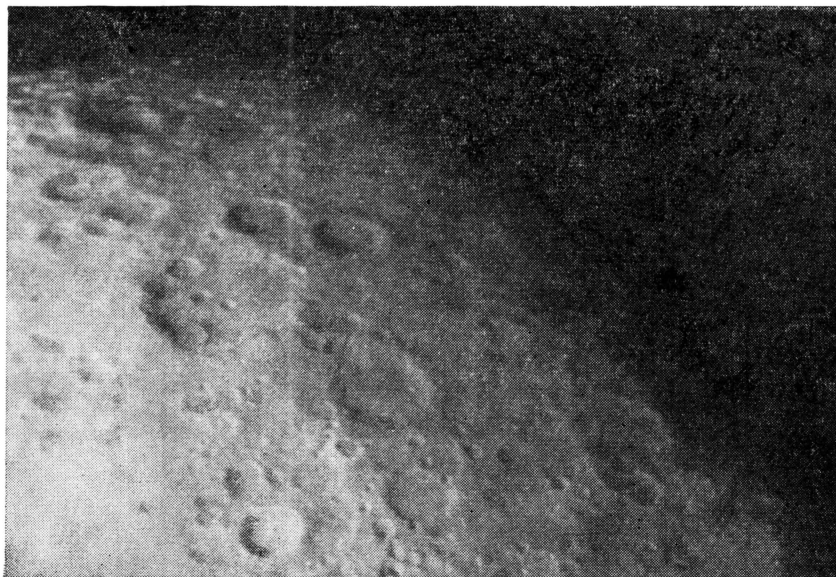
студент Ульяновского педагогического института имени Н. Н. Ульянова



Сатурн 2 октября 1968 г. (пленка А-2 чувствительностью 180 ед. ГОСТа, экспозиция 8 секунд)



Венера 21 февраля 1969 г. (пленка МЗ-45, экспозиция 0,2 секунды)



Луна 9 февраля 1968 г. (пленка КН-3 чувствительностью 90 ед. ГОСТа, экспозиция 1,5 секунды)

150-летие

Первая почтовая марка, посвященная Антарктиде, связана с именем Эрнеста Шеклтона. Когда в 1907 г. на корабле «Нимрод» он отправился к берегам Земли Короля Эдуарда VII, почтовое ведомство Новой Зеландии присвоило ему звание начальника почтового отделения и вручило 23 492 марки.

Однако вернемся к событиям более ранним. В 1772—1775 гг. Джеймс Кук после неоднократных экспедиций к Южному полюсу заявил: «Я обошел океан южного полушария в высоких широтах и отверг возможность существования материка, который, если и может быть обнаружен, то лишь близ полюса, в местах недоступных для плавания». Это событие нашло отражение в филателии. Английская колония «Острова Кука» выпустила большую серию из 8 марок. На двух из них показан корабль Д. Кука у кромки сплошных льдов, как бы подтверждающая его изречение «Nul plus ultra» — «Дальше некуда».

Утверждение знаменитого путешественника было опровергнуто через 50 лет. 28 января 1820 г. корабли Русской антарктической экспедиции Ф. Ф. Беллинсгаузена и М. П. Лазарева подошли к ледяному барьеру, за которым простирался бугристый высокий берег. Это был берег шестого континента — Антарктиды. К 130-летию юбилею открытия Антарктиды были выпущены первые в СССР почтовые миниатюры с антарктической тематикой. На одной марке помещены портреты Ф. Ф. Беллинсгаузена и М. П. Лазарева, земной шар с очертаниями материков и маршрутом экспедиции; на другой показаны шлюпы «Восток» и «Мирный» и частично их маршрут, здесь же пингвины — неременный атрибут антарктических сюжетов.

С тех пор любители полярной филателии смогли положить в свои классеры еще одиннадцать советских марок с антарктической тематикой. Особенно интересна серия из трех марок, выпущенная в 1966 г. в честь 10-летия советских исследований в Антарктике. Марки оригинально расположены на листе: четыре одинаковых квадрата, в каждом из которых

открытия Антарктиды

по 6 марок. Перфорация разделяет квадраты по диагонали на две части. Марки расположены сцепкой и как бы образуют «тет-беш» из четырех треугольных и двух квадратных марок. На центральной квадратной марке — серебристый контур Антарктиды с пятиконечными звездочками, показывающими места размещения советских научных станций. Вверху — вымпел с надписью «В СССР создан первый Атлас Антарктиды», внизу — годы 1956—1966 и текст: «10 лет советских исследований в Антарктиде».

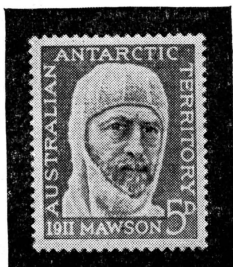
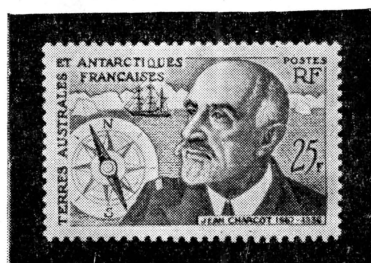
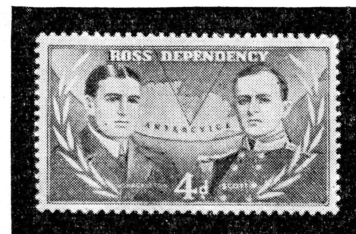
На треугольных марках изображен дизель-электроход «Обь» у ледяного припая и вездеходы «Харьковчанка» на полюсе относительной недоступности. Текст на марках гласит «1966 — X лет исследования в Антарктике».

Вернемся к истории исследований Антарктиды. В 1837 г. известный французский путешественник Дюмон-Дюрвиль возглавил полярную экспедицию. В 1840 г. экспедиция открыла Землю Адели. А еще ранее, в 1771—1792 гг. французы Дюфрен, Ф. Крозе и И. Кергелен, бороздя воды Южного океана, открыли несколько групп мелких островов, одна из которых названа островами Кергелен. На марках воздушной почты, выпущенных Францией, показаны Земля Адели и острова Кергелен. На них изображены взлетающие геофизические ракеты, а на купоне, связывающем эти марки в сцепку, указывается, что в 1967—1968 гг. производилось зондирование ионосферы ракетами «Дракон».

В 1840 г. английская экспедиция под руководством Д. Росса отправилась на двух судах «Эребус» и «Геррор» в южные воды. Здесь Росс открыл огнедышащий вулкан и назвал его в честь своего флагманского судна «Эребус», а также большой ледяной барьер, впоследствии названный «Барьером Росса». В 1957 г. в Новой Зеландии поступила в продажу серия марок «Протекторат Росса». На одной из них изображен корабль «Эребус» на фоне вулкана.

Анриен де Жерлаш в 1897 г. возглавил бельгийскую антарктическую экспедицию на судне «Бельжик». Судно экспедиции вмерзло в паковые льды, и Жерлаш впервые должен был зимовать южнее полярного круга. Среди зимовщиков — и будущий первооткрыватель Южного полюса Руаль Амундсен. В ознаменование 50-летия экспедиции в Бельгии выпущено две марки. На одной из них портрет Анриена де Жерлаша, на второй — вмерзший в льды «Бельжик».

В 1901 г. экспедицию к Южному полюсу возглавляет Р. Скотт. Он открывает Землю Короля Эдуарда VII и организует первые походы в глубь материка. В 1912 г. Скотт достиг Южного полюса (месяц спустя после Амундсена) и трагически погиб на обратном пути. На одной из марок серии «Протекторат Росса» — портреты Р. Скотта и Э. Шеклтона. Шеклтон участвовал в первой экспедиции Скотта, а затем в 1907—1909 гг. руководил английской экспедицией, во время которой был достигнут южный





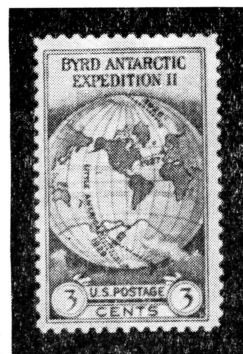
магнитный полюс. Специальный экспедиционный отряд в составе Э. Дэвида, Д. Моусона и Мак-Кея после тяжелых испытаний 16 января 1909 г. покорил южный магнитный полюс. В дни 50-летия этого события в Австралии выпущена марка, на которой Дэвид, Моусон и Мак-Кей изображены на южном магнитном полюсе. Внизу мелким шрифтом набрано: «1908—9 впервые достигнут магнитный полюс».

Очень интересна аргентинская марка 1953 г. Сюжет этой марки посвящен 50-летию экспедиции доктора О. Норденшельда в южные полярные области.

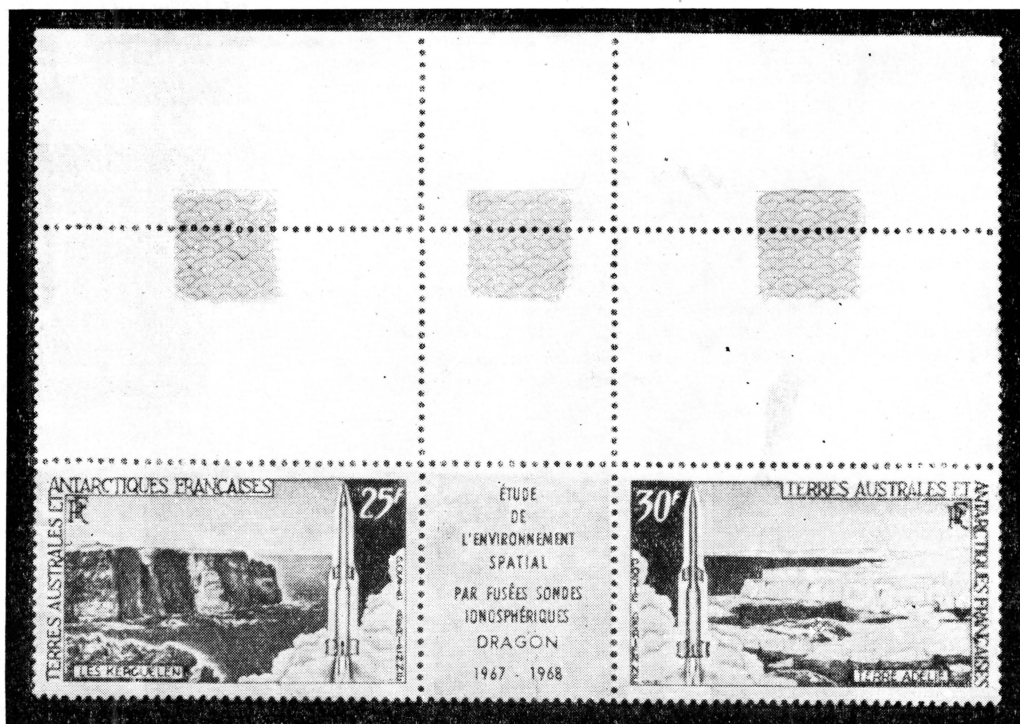
В 1903—1905, а затем в 1908—1910 гг. французский врач естествоиспытатель Жан Батист Шарко на судне «Франсэ» обследовал Антарктический полуостров и нанес на карту побережье длиной 1000 км. На марке, выпущенной Францией, — портрет Жана Батиста Шарко.

В 1960 г. в Японии была издана марка, на которой изображен лейтенант Нобе Ширазе, а в левой ее части — контур Антарктиды с японским флагом. Эта почтовая миниатюра посвящена 50-летию первой японской антарктической экспедиции.

Из Австралии в 1911 г. вышла экспедиция под руководством Дугласа Моусона — покорителя южного магнитного полюса. Достигнув Земли



Адели, Моусон создал базовый лагерь, из которого отправлялись отряды. Моусон возглавил отряд из трех



человек. В пути спутники его погибли, а сам он едва добрался до основного лагеря. В 1961 г. в Австралии в честь 50-летия экспедиции издана марка с портретом Моусона.

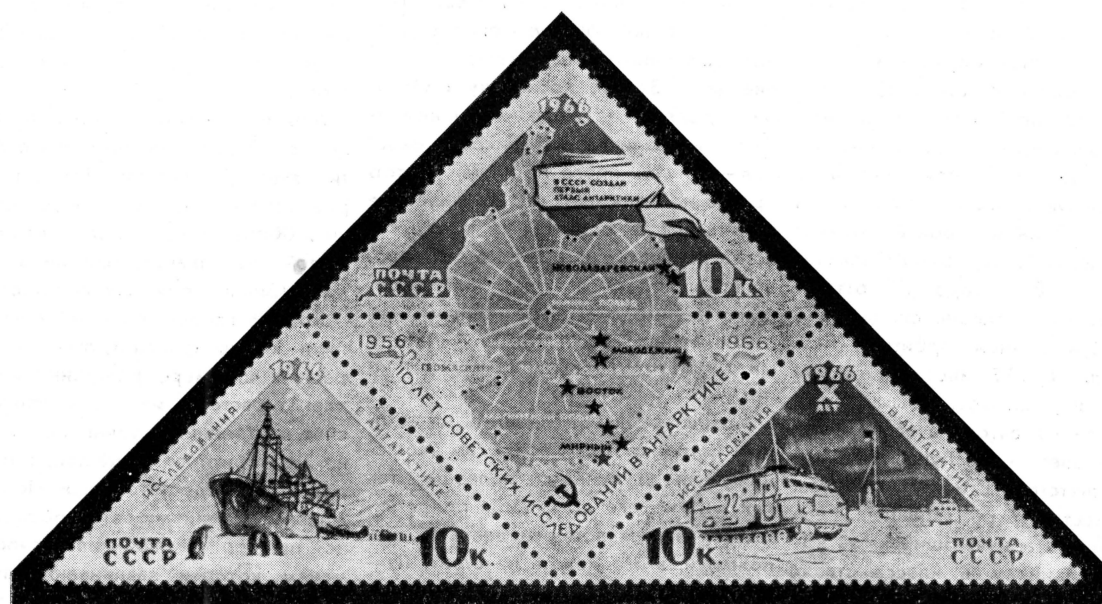
Следует также отметить марку, вышедшую в США: в честь второй экс-

педиции Ричарда Берда. На этой марке указаны маршруты всех предыдущих экспедиций Берда.

Мы рассказали о марках, составляющих лишь малую часть богатого и интересного филателистического материала об Антарктиде. Среди них

почетное место занимает советская полярная филателия — филателия исследников первооткрывателей Антарктиды.

Е. В. МИЛОВИДОВ



КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

Безграмотная брошюра о Луне

Брошюра «Луна», выпущенная массовым тиражом, написана кандидатом геолого-минералогических наук В. Б. Нейманом, давно занимающимся изучением Луны с позиций геологии. Применение геологических ме-

тодов к исследованию лунного рельефа, как показали работы А. В. Хабакова, Дж. Сперра, К. Бюлова и других ученых, позволяет сделать много интересных выводов о структуре и генезисе лунного рельефа.

Можно было ожидать, что и геолог В. Б. Нейман в небольшой брошюре (38 страниц) расскажет читателю о том, что дают геологические методы

для изучения строения и эволюции лунной коры, лунного рельефа. Но, к сожалению, этой теме отведена меньшая половина его брошюры. Как говорит подзаголовок брошюры, в ней рассматривается «ее (Луны) строение, развитие и воздействие на Землю». Автор касается весьма широкого круга проблем планетной космогонии, ядерной физики, геомагне-

В. Б. Нейман. Луна. «Знание», сер. 2, Физика и астрономия, 1969 г.

тизма, метеорологии, биологии. Приходится ему излагать и чисто астрономические вопросы. И на каждом шагу, в каждой из затрагиваемых областей знания он допускает грубейшие ошибки.

Начнем с астрономических вопросов. Что телескопы Галилея давали увеличение лишь до 8 раз или что сидерический период обращения Луны «скрыт от человеческого взора» (хотя его может определить из наблюдений школьник), — это еще «цветочки». А дальше начинаются подлинные «открытия». Оказывается, бо л ь ш а я пол у о с ь лунной орбиты меняет свои размеры от 356,4 до 406,7 тыс. км с периодом 8,85 года (!) оттого, что «колеблется степень сжатия эллипс о и д а лунной орбиты». (Разрядка моя.— В. Б.) Приводя плотность основных и ультраосновных пород (2,9 и 3,3 г/см³), автор на всякий случай разъясняет: «для Луны эти цифры в соответствии с имеющейся там силой тяжести в 6 раз меньше ...», допуская элементарную ошибку, за которую школьникам 6 класса ставят двойку. Или еще одно открытие: «чем больше по размерам спутник, тем он дальше отстоит от данной планеты». Излагая свою «гипотезу» развития планет, автор приводит в ее пользу такой изумительный довод: «чем иным, как саморазвитием, можно объяснить то, что чем больше планета по размерам, тем больше ее масса...». Дальше автор заявляет, что по его мнению «правы некоторые астрономы-наблюдатели, предполагающие, что у Венеры тоже есть спутники». Кто эти «астрономы-наблюдатели»? — остается загадкой. Правда, в XVII—XVIII вв. были сообщения о наблюдениях предполагавшегося спутника Венеры, но все они оказались ошибочными*.

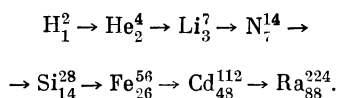
На фоне этих небылиц бледнеют даже такие терминологические ляпсусы, как отождествление лунных «морей» (название это чисто условное и имеет исторический характер) с земными морями и океанами, а лунных кратеров (опять-таки, услов-

ное название) с кратерами (жерлами) земных вулканов, хотя ничего общего между ними нет.

Называя космогоническую гипотезу О. Ю. Шмидта «метеоритной гипотезой Шмидта — Юри» (причем тут Юри?), автор сразу показывает свое полное незнание этой гипотезы. Так, по его мнению, она не может объяснить различий между материками и океанами Земли, поскольку «метеориты делятся на железные и каменные... а различие материков и океанов — совсем иного порядка». Автор просто не понимает, что допланетное газо-пылевое облако, из которого, согласно гипотезе Шмидта, образовались планеты (и Луна), ничего общего не имело с современными метеоритами, — скорее всего, обломками одной или нескольких малых планет.

Можно было бы спорить с автором по конкретным вопросам эволюции Луны и лунного рельефа, так как многие его аргументы представляются нам малообоснованными, но, пожалуй, этого делать не стоит. Лучше перейдем к анализу космогонических вопросов, изложенных в брошюре.

Как известно, крупнейшие физики и астрофизики пытаются решить весьма сложную проблему происхождения химических элементов*. Геолог В. Б. Нейман решил ее очень просто. «в процессе эволюции происходит удвоение атомного веса вещества.



Правда, это характерно для планет земной группы».

Так вот где, оказывается, образуются столь редкий литий и самые тяжелые элементы! На планетах земной группы! А астрофизики-то думали, что литий образуется в поверхностных слоях, а тяжелые элементы в недрах звезд при температурах в миллионы и миллиарды градусов.

* См., например, А. К. Лаврухина, Г. М. Колесов. Образование химических элементов в космических телах. Атомиздат, 1962 г.; Л. Аллер. Распространенность химических элементов. ИЛ, 1963 г.

Вообще картина формирования планет в представлении В. Б. Неймана очень примитивна: «Сначала, видимо, планеты выглядели не такими, какими мы привыкли их наблюдать сейчас. Это были просто сгустки газообразного вещества, сгустки неустойчивые. Однако в процессе эволюции внутри них образовалось твердое каменное ядро, а затем и железистое.

Можно думать, что планеты образуются на определенном этапе развития звездных систем. Через некоторое время у них возникают спутники». (Как?) «Так, у Меркурия, самой малой из планет, спутников еще нет». (Значит, они еще появятся?)

Короче говоря, планеты и их спутники как-то формируются, а затем растут: «по мере рождения и роста планет растет и их масса, причем за счет внутренних источников»,... (?) «а не метеоритного вещества, которого для этого недостаточно...». Подобными рассуждениями автор подает дурной пример тем любителям-гипотезоманам, которые заваливают научные учреждения сочинениями такого же типа (только в отличие от брошюры В. Б. Неймана эти сочинения не публикуются).

Но вот мы переходим к разделу «Воздействие Луны на Землю». Чего здесь только нет! И электромагнитное (!) влияние Солнца на землетрясения, и «магнитные возмущения, вызванные Луной — Луной немагнитной», и «равновесие с силовыми полями, окружающими Землю и пронизывающими ее тело», причем «достаточно нарушиться одному из элементов этого динамического равновесия, как фигура Земли перестроится».

Не будем критиковать утверждение автора о влиянии Луны на погоду — это вопрос особый. Но как отнестись к такому заявлению, что «в моменты верхней и нижней кульминаций происходит изменение направления движения Луны относительно плоскости земной орбиты»? Ведь кульминации Луны происходят два раза в сутки, а «изменение направления движения Луны» — два раза за сидерический месяц.

И, наконец, мы подошли к главному «открытию» в астрономии, кото-

* См. П. Мур. Планета Венера. ИЛ, 1961 г.

рое, по словам В. Б. Неймана, сделал некий Н. А. Комков. Оказывается, «период обращения Луны от верхней элонгации к нижней и от нижней к верхней» меняется скачкообразно, принимая дискретные значения, отличающиеся ровно на 24 часа,— 299, 323, 347 и 371 тыс. А полный оборот, или, как выражается автор, «сумма часов пробега», может продолжаться, согласно Н. А. Комкову и В. Б. Нейману, 646 или 670 часов.

Прежде всего, терминов «верхняя и нижняя (или северная и южная) элонгации» Луны в астрономии нет. Автор называет так наибольшие удаления Луны от плоскости земного экватора. Хотя автор и утверждает, что Н. А. Комков вывел свои «законы» по

данным астрономических ежегодников за 1906—1966 гг., ничего подобного ни в природе, ни в ежегодниках мы не встретим. Из-за эксцентриситета лунной орбиты полупериоды (от северной «элонгации» до южной, и обратно) меняются, но плавно, а не скачкообразно, полный же период изменяется очень мало (в пределах ± 7 часов).

Всего перечисленного достаточно, чтобы убедиться в безграмотности автора брошюры. Непонятно, как могло издательство «Знание» выпустить эту брошюру в свет? Неужели нельзя планы издательства рассматривать предварительно в научно-методических советах с участием квалифицированных специалистов? Тогда можно

было бы предотвратить дезинформацию читателей. Ведь среди них многие (тираж брошюры — 55 000 экземпляров) могут всерьез поверить писаниям В. Б. Неймана. Такая дезинформация всегда вредит пропаганде передовой науки.

Этот промах издательства «Знание» — не первый. Ученые уже критиковали выпущенные в той же серии брошюры Ф. Ю. Зигеля «Обитаемые миры» (1961 г.) и Э. И. Нестеревича «Меркурий» (1963 г.). Хотя подобные опусы появляются и не часто — три за последние восемь лет, — но даже такие редкие случаи нетерпимы.

В. А. БРОНШТЭН
кандидат физико-математических наук

НОВЫЕ КНИГИ

КНИГА О ВНУТРЕННЕМ СТРОЕНИИ И ЭВОЛЮЦИИ ЗВЕЗД

В 1970 г. изд-вом «Наука» выпущена вторым переработанным и дополненным изданием научно-популярная книга профессора С. А. Каплана «Физика звезд» (первое издание в 1961 г.).

Характеризуя свою книгу, автор написал в предисловии к ней следующие слова: «В этой книжке вы не найдете ни описаний красот звездного неба, ни так поражающих неискушенного читателя сравнений размеров звезд с земными предметами. Звездное небо действительно очень красиво, но для нас сейчас звезды — это объект физического исследования. Так же как физики в лабораториях изучают различные вещества, электрические токи, магнитные поля и другие физические явления, так и здесь мы будем изучать, правда, только с помощью карандаша и бумаги, звезды».

Особенность книги состоит в том, что в ней, основываясь на знаниях, которыми должны обладать выпускники средней школы, автор излагает наиболее важные вопросы современной теории внутреннего строения и эволюции звезд, знакомит читателей с физическими свойствами различных типов звезд, с методом построения моделей звезд и многими другими интересными проблемами физики звезд.



Х. ШЕПЛИ О ПРИРОДЕ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

Среди различных гипотез о природе Тунгусского метеорита наиболее достоверна кометная гипотеза, которая, как принято считать, была впервые высказана в 1934 г. английским метеорологом Ф. Уипплом.

Перелистаем книгу известного американского астронома Х. Шепли «От атомов до млечных путей», вышедшую в Нью-Йорке в 1930 г. и переведенную на русский язык в 1934 г. На странице 48 Шепли пишет: «Земля испытала по меньшей мере еще одно непредсказанное приключение... В 1908 г. она столкнулась с чем-то таким, что было, вероятно, головой небольшой кометы». И далее: «Есть указание, что метеорит Подкаменной Тунгуски принадлежит к системе метеоров, связанной с кометой Понса — Виннике*». Он упал во время наи-

большого приближения Земли к орбите кометы, и предсказанное направление движения метеоритов этой кометы совпало для района Подкаменной Тунгуски с направлением, по которому летели упавшие метеоры. Однако сама комета во время падения была на противоположной стороне своей орбиты».

Представление о природе комет с тех пор сильно изменилось. Современная кометная гипотеза, которую успешно разрабатывает академик В. Г. Фесенков и его сотрудники (Комитет по метеоритам АН СССР), а также многие другие ученые, объясняет явление взрывом на некоторой высоте ледяного ядра кометы, а Шепли полагал, что «многочисленные воронки в почве на месте падения указывают, что упал не один метеор, а целая группа», имея в виду плотное каменное или железное тело. Тем не менее, это, — по-видимому, первое свидетельство в пользу кометной, а не астероидной природы Тунгусского метеорита.

Р. Л. Хотимон

* Гипотезу о связи Тунгусского метеорита с кометой Понса — Виннике высказал Л. А. Кулик в 1926 г., но в дальнейшем эта гипотеза не подтвердилась.



КОСПАР-70

В применении космической технологии заинтересована вся планета, и эта деятельность требует осуществления проектов, которые выходят за рамки национальных границ. Все более тесные и эффективные связи, которые были установлены в рамках международного научного сообщества с помощью КОСПАР и через посредство Организации Объединенных наций, способствовали росту международного сотрудничества в мирном исследовании и использовании космического пространства на благо человечества.

(Из Послания Генерального секретаря ООН У Тана участникам XIII сессии КОСПАР.)

Тринадцатая сессия Международного комитета по космическим исследованиям (КОСПАР) проходила в Ленинграде с 20 по 29 мая 1970 г. Просторные залы и аудитории знаменитого Таврического дворца заполнили свыше тысячи ученых, прибывших в СССР, в город великого Ленина более чем из 30 стран мира. Среди участников сессии были крупнейшие советские и зарубежные ученые: академики М. В. Келдыш, А. П. Виноградов, А. А. Благоврадов (вице-президент КОСПАР), В. В. Парин, члены-корреспонденты АН СССР К. Я. Кондратьев, И. С. Шкловский, А. М. Обухов, французский ученый М. Руа (президент КОСПАР), американские ученые Р. Портер (вице-президент КОСПАР), Г. Фридман и многие другие.

Присутствовавшие на пленарных заседаниях и заседаниях рабочих групп

тепло встретили советских летчиков-космонавтов Г. Т. Берегового, В. Н. Волкова, К. П. Феоктистова, Е. В. Хрунова и американского космонавта Нейла Армстронга.

В работе КОСПАР приняли участие представители 11 международных научных союзов (астрономический союз, геофизический и геодезический союз, союз теоретической и прикладной механики, математический союз, физический, химический, биологический и другие союзы).

КОСПАР заслушал ежегодные отчеты представителей национальных академий наук о космической деятельности 35 стран, ныне входящих в КОСПАР. Тематические ежегодные обзоры космических исследований касались таких важных и интересных проблем, как достижения в области космической метеорологии, в области исследования земной атмосферы и

С каждым годом растет число стран, начинающих осуществлять космические исследования по национальным и международным программам. Все большее число государств начинает убеждаться в экономической целесообразности практического использования достижений космической науки и техники, особенно в таких областях, как метеорология, навигация, космическая связь и телевидение. Дальнейший прогресс в этой области может открыть еще большие перспективы для всего человечества.

(Из Послания Председателя Совета Министров СССР А. Н. Косыгина участникам XIII сессии КОСПАР.)

ионосферы, новых данных рентгеновской и гамма-астрономии, результатов советских и американских космических экспериментов.

Насыщенной была программа заседаний семи рабочих групп КОСПАР («Слежение, телеметрия и динамика космического полета», «Эксперименты в межпланетном пространстве и в магнитосфере», «Космическая техника в применении к астрофизическим проблемам», «Эксперименты в верхней атмосфере», «Космическая биология», «Применение космической техники для метеорологии и изучения «Земли», «Космические программы по изучению Луны и планет»).

В следующих номерах «Земля и Вселенная» подробнее познакомит своих читателей с научными итогами XIII сессии КОСПАР и Международного симпозиума «Солнце — Земля».

Орган секции физико-технических и математических наук
Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Редакционная коллегия

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ

Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН

Кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, доктор техн. наук А. А. ИЗOTOV, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, кандидат физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, кандидат физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ, академик В. Г. ФЕСЕНКОВ

Научно-популярный журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Адрес редакции: Москва, В-333,



Ленинский пр., д. 61/1
тел. 135-64-81
135-63-08

Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

Корректоры: И. П. Громова,
Г. Н. Нелидова

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна

2-я типография издательства «Наука». Москва, Г-99, Шубинский пер., д. 10.

Т-10246. Подписано в печать 7/VII 1970 г.
Формат бум. 84×108¹/₁₆.
Печ. л. 5,0(8,4) уч.-изд. л. 10,1+1 вкл.
Тираж 43 000 экз. Цена 30 коп. Заказ 527

Комета Бэннета 1969

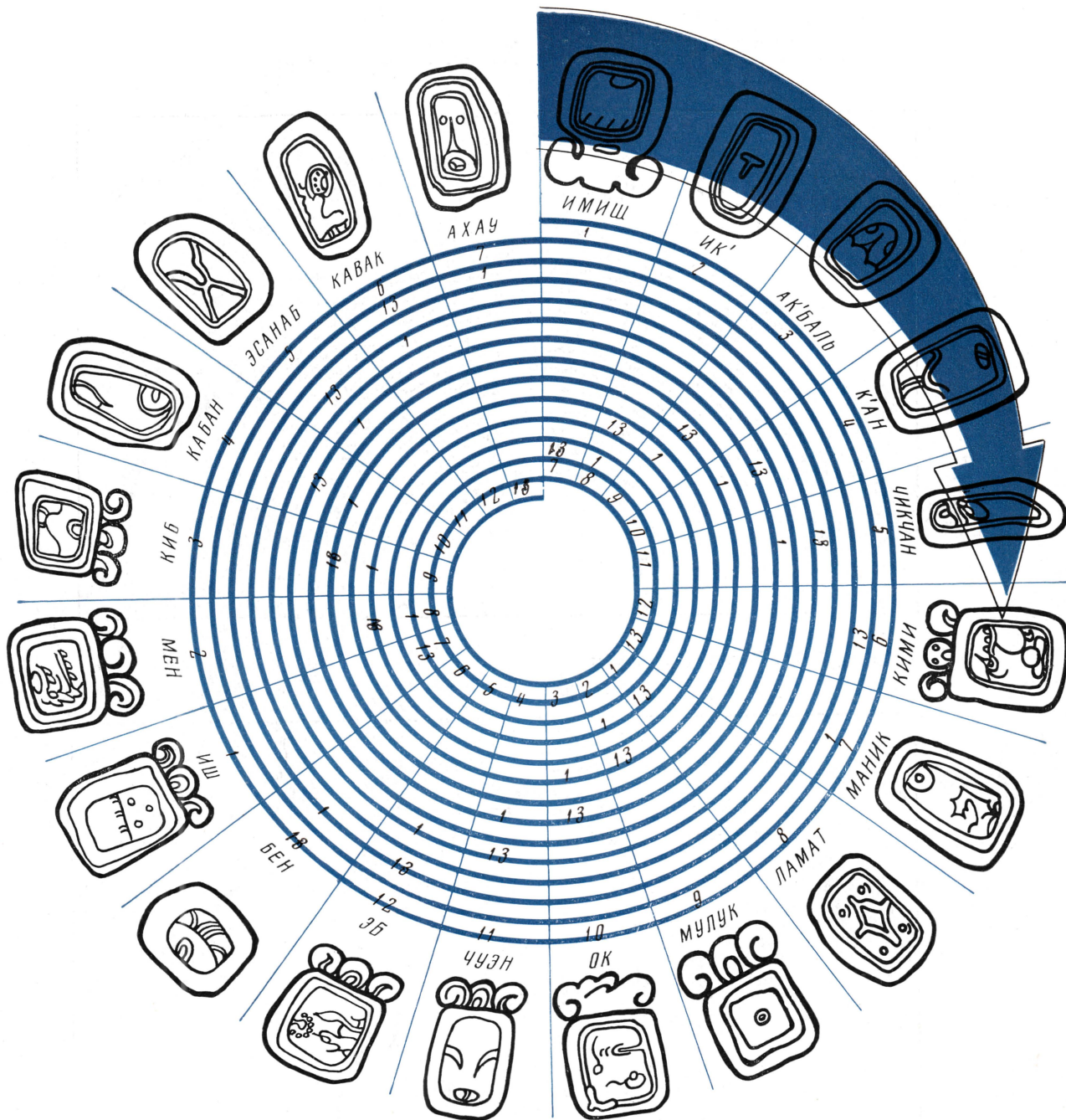


4 апреля 1970 г. Экспозиция 6 минут.



9 апреля 1970 г. Экспозиция 10 минут.

Эти фотографии получены сотрудником Абастуманской астрофизической обсерватории АН ГрузССР Т. И. Барблишвили на 44-сантиметровой камере Шмидта. Масштаб снимков — $0^{\circ},9$ в 1 см.



Индекс 70336

Цена 30 коп.

Издательство



«Наука»

Календарный год «цолькин» имел для древних майя ритуальное значение. Год состоял из 13 месяцев по 20 дней, или из 20 недель по 13 дней. На схеме видно, как закономерно повторяются числа недели и названия дней. Если мысленно соединить одно и то же число недели (например, 13), получится спираль. Концентрическими кругами показаны месяцы (их 13), внешний круг составлен из иероглифов, которыми майя обозначали дни месяца. Дни нужно отсчитывать по часовой стрелке (к статье С. И. Селешникова).